"DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA GRÁFICO PARA TERMINAIS"

Selenê da Silva Cavalcanti

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUESITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

Aprovada por:

Presidente

RIO DE JANEIRO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO-BRASIL
MAIO DE 1976

A Geraldo Magela

AGRADECIMENTOS

A todos que, direta ou indiretamente, contribuiram para que esse trabalho fosse levado a efeito, e muito em particular:

A COPPE, pela bolsa de estudos.

A François Gallais-Hammonno, pela orientação na fase inicial deste trabalho.

A Nelson Maculan Filho, pela orientação na fase final deste trabalho e pelo apoio.

A Luiz Ferrara de Almeida Cunha e João José Neto, pelo incentivo.

A Zuleica da Silva Cavalcanti, pela revisão do texto.

A Regina Coeli Jacob, pelo trabalho de datilografia.

A meus amigos, pela atenção.

A meus familiares, por tudo.

RESUMO

O propósito deste trabalho é apresentar um sistema gráfico projetado para o computador MITRA-15 do LASS/COPPE e detalhar um pacote gráfico que opera sobre figuras tridimensionais.

A ênfase é dada à descrição do método de ação utilizado para a manipulação de coordenadas de que se compõe um objeto no espaço e escolha de pontos e linhas visíveis sobre o mesmo, segundo um observador colocado no infinito.

É descrito um procedimento capaz de transformar coordenadas e possibilitar a visão da mesma sob novo ponto de vista, como exemplos colocados no apêndice 2.

Uma idéia sobre a implementação dos algoritmos usados é ilustrada no apêndice 1, através da listagem dos mesmos, em linguagem ASSEMBLER do IBM-1130.

ABSTRACT

The purpose of this work is to show a graphic system designed for the mini-computer MITRA-15 of LASS/COPPE and to describe in detail a graphic package that deals with three-dimensional pictures.

The special approach is for the manipulation of the coordinates in space and the choice of visible points and lines for an object, relative to an observer fixed at an infinite point of view.

A procedure is described which can change the values of coordenates to allow a new view of an object, as illustrated in appendix 2.

An example of the implementation of the algorithms used is shown in appendix 1, consisting of ASSEMBLER language listings for the IBM 1130 computer.

ÍNDICE

CAPITULO IV:

A estrutura de dados

CAPITULO V:

Procedimentos gerais

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - OS SISTEMAS GRÁFICOS

1.1.1 - APRECIAÇÃO:

De um modo geral, toda vez que a facilidade display gráfico é incorporada a um computador, sistemas gráficos novos são escritos para suportá-lo. O projeto e implementação deste software é uma atividade que absorve tempo e energia em larga escala. Apesar do dispêndio de recursos humanos, o resultado é, na maioria das vezes, insatisfatório. Os usuários costumam encontrar dificuldades de programação e de falta de generalidade nos sistemas gráficos, que por sua vez são responsáveis por uma sobrecarga do computador, em termos de memória e tempo envolvido na computação do grande número de testes que estes precisam executar.

O contínuo surgimento de novos sistemas gráficos traz a seus usuários grandes inconveniências e têm dado aos sistemas gráficos iterativos uma reputação má [9] . Isso não seria problema se o inverso acontecesse: cada sistema de software dando suporte a uma variedade de configurações de hardware. Nos últimos tempos tem sido notado algum progresso nesse sentido: poucos sistemas têm sido desenvolvidos, com o objetivo de suportar uma variedade de terminais. São os chamados "sistemas gráficos independentes do dispositivo", muito populares entre projetistas de programas de aplicação, apesar de não serem considerados ótimos.

Sistemas gráficos necessitam ser mais do que independentes do dispositivo. Eles precisam ser sistemas de propósito geral

cujo objetivo deve ser o de suportar uma larga variedade de aplicações. Os sistemas gráficos dificilmente satisfazem a essa condição porque seus projetistas os dirigem para aplicações específicas visando sua otimização. É muito comum acontecer, que uma aplicação inesperada para um certo sistema resulte em grande número de modificações e até reformulação dos mesmos. Isso não aconteceria se os projetistas se preocupassem em fazer um conjunto geral de funções para seus sistemas.

Outra idéia é fazer sistemas gráficos de alto nível [4] os quais pudessem prover meios simples e poderosos de se escrever aplicações gráficas, evitando ao usuário o conhecimento de facilidades de baixo nível de hardware. Seria ideal poder-se fazer programas de aplicação gráfica tão fáceis de se escrever e manter como qualquer outro tipo de programa iterativo, destruindo o mito da dificuldade em torno da programação gráfica.

1.1.2 - ALTERNATIVAS:

Alguns sistemas são construidos em forma de "pacotes gráficos", isto é, como um conjunto de funções ou subrotinas a serem chamadas por programas de aplicação escritos em uma linguagem de programação padrão. Outra alternativa é projetar-se uma linguagem especial de programação, o que pode ser feito tomando-se por base uma outra já existente, extendendo-a e modificando-a onde for necessário a fim de permitir-se o desenvolvimento de certas tarefas gráficas. Há aspectos positivos e práticos para a construção pacotes gráficos ao invés de uma linguagem especial:

- Uma boa e particular razão é que é virtualmente impossível a escolha de uma linguagem que satisfaça a todos os programado -

res.

- Um pacote gráfico pode ser projetado para usar várias linguagens diferentes.

São razões como estas que facilitam uma eventual escolha entre ambas as opções.

1.2 - OS PROCESSOS GRÁFICOS DE SAÍDA

Uma das maiores responsabilidades de um projetista é produzir um sistema que o usuário possa entender.

Fazer analogia com o plotter é um modo de simplificar o processo gráfico de saída. Ao usuário é informado que manipula uma espécie de pena que pode abandonar o traçado de linhas à medida que a figura se movimenta na tela e desenhar outras, em obediência a funções escolhidas previamente por ele.

Sob o ponto de vista do projetista, as coisas não são tão simples. Supondo-se que as rotinas de saída passassem dados gráficos diretamente para a tela do display, encontra-se o seguinte problema: se estas rotinas forem executadas uma única vez, a figura por elas definida surgiria na tela e desapareceria em seguida. É o problema da regeneração da imagem, dependente do hardware utilizado e da freqüência com que são executadas as rotinas de saída. Desse modo, as rotinas de saída desempenham a função de algoritmo de visualização, enviando à tela aspectos contínuos do que se encontra armazenado nas estruturas de dados manipuladas pelo sistema.

Nos processos iterativos ou seja, quando a entrada de dados fornece respostas imediatas, sempre que a estrutura de dados é modificada a imagem deve ser mudada também. Este conceito é extremamen

te simples e igualmente difícil quanto à implementação. O problema reside no fato de que as rotinas escritas para programas de aplicação devem ser suficientemente rápidas para garantir a regeneração da imagem na tela, evitando que ela enfraqueça ou desapareça. Se as rotinas forem bem simples e a estrutura de dados pequena, esse problema pode ser evitado, bem como através do uso de sistemas multi-programados.

1.3 - OBJETIVOS DO PRESENTE TRABALHO

Neste trabalho é descrito o programa CONV, o qual faz parte do projeto de um sistema gráfico projetado para uma unidade exibidora controlada pelo minicomputador MITRA-15. O propósito de CONV é o de manipular os dados tridimensionais que compõem um objeto convexo no espaço, permitindo ao usuário uma visão do mesmo sob ângulos diferentes, mediante rotação em relação a um dos eixos coordenados.

O objetivo deste trabalho é o de mostrar as diversas fases de implementação de CONV e descrevê-las em detalhes, abordando seus problemas específicos. Isto se deve ao fato de as rotinas de manipulação de raios cotódicos, concernentes ao sistema gráfico citado, serem desenvolvidas em paralelo a este trabalho. Pelo mesmo motivo, CONV foi implementado no IBM-1130, utilizando o PLOTTER como unidade de saída.

O apêndice 1 apresenta as listagens de CONV em linguagem ASSEMBLER do IBM-1130 sob a forma de programa principal, sem ser quebrado em rotinas. Essa medida visa a facilitar sua compreensão bem como a transcodificação posterior para linguagem ASSEMBLER do MITRA-15.

A utilização do sistema será efetuada por meio de chamadas inseridas no programa do usuário, escrito em linguagem FORTRAN.

Como equipamento básico, o usuário conta com uma configuração mínima de hardware:

C.P.U.

Leitora/perfuradora de fita de papel

Console

Unidade exibidora (osciloscópio)

CAPÍTULO 2

CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1 - HISTÓRICO

Os gráficos emitidos por computador começaram a ser estudados no início dos anos 60, através do SKETCHPAD de I.E.Sutherland [1]. Apesar de os elementos constituintes do hardware de computadores e de displays terem se tornado acessíveis antes da referida época, foi Sutherland quem mostrou que o homem poderia interagir com computadores através de métodos mais diretos do que bits, números ou de cartões perfurados. Certamente ele não estava sozinho; os melhores componentes do grupo de pesquisadores dos laboratórios da General Motors buscavam meios para que seus projetistas usassem os computadores com maior eficiência. O resultado foi o DAC-I (Design Augmented by Computers), o qual foi exposto um par de anos mais tarde durante a "Fall Joint Computer Conference" [2].

Ambos os trabalhos pioneiros acima descritos utilizaram máquinas grandes e um hardware construido especialmente para display. Mais tarde, um grupo encabeçado por Prince e Chasen, na Lockheed Georgia Company, elaborou um sistema gráfico para computador em um computador menor. Seu projeto inicial se destinava a permitir que o usuário gerasse instruções em uma máquina de controle numérico.

Por volta de 1965 muita gente já se mostrava interessada pelos problemas envolvendo gráficos em computador. Os esforços e investimentos em hardware e, especialmente, em software começaram então à tomar vulto, apesar de produzirem poucos resultados práticos.

Isto se devia a numerosas razões como: custo de equipamento (eram altos porque muito poucas unidades eram produzidas), desenvolvimento demorado de sistemas de software (mais lento do que se esperava), programas de aplicação demorados devido a lentidão no desempenho dos próprios sistemas de software,e também porque era subestimado o esforço necessário para se produzir os programas de aplicação. Contudo, adicionar aos computadores a capacidade de manipulação de gráficos se constituia em um enorme aumento do potencial de aplicação dos mesmos. Descobriu-se ' então que muito da atividade atualmente desempenhada inteiramente pelo homem, é realizada por uma série ações intuitivas e auto-corrigíveis em pequenos espaços de tempo.

Mais tarde, com a baixa de custo do hardware, novas e baratas unidades (algumas de capacidade limitada) começaram a aparecer no mercado. Os sistemas de computadores de propósito geral não eram mais aversos às necessidades de unidades gráficas e seus usuários.

Hoje em dia existe um renovado e amadurecido interesse em gráficos. Um sinal desta crescente maturidade é o grande número de livros e artigos informativos que vêm sendo publicados,tendo em vista o estudo de gráficos emitidos por computador em todo o mundo.
As aplicações vão desde simples gráficos a desenhos de circuitos eletrônicos. Técnicas para introduzir dados tri-dimensionais através de meios bi-dimensionais continuam a ser aperfeiçoadas, tendo em vista a criatividade e o bom senso na combinação de hardware com rotinas.

2.2 - ALCANCE

Um problema importante que envolve os gráficos emitidos por computador é o da divisão do trabalho. Isso quer dizer: que porcen

tagem do trabalho na computação de um gráfico deve ser levada a efeito por um computador (ao qual o display está acoplado) e qual a que deve ser controlada pelo próprio display, tratado como um terminal inteligente? Em outras palavras: quão próximo o poder da máquina pode estar do usuário e seu terminal o qual, por outro lado poderia estar longe do computador? E o usuário? Alguns os classificam como matemáticos, outros como artistas. Contudo, aplicações gráficas, software e hardware, são examinadas e pesquisadas no mundo inteiro bem como seu alto custo em termos de hardware e da complexidade necessitada pelo software. Aplicações em engenharia mecânica tem sido muito bem sucedidas, bem como em engenharia elétrica. Os horizontes se abrem, já que a necessidade de gráficos emitidos por computador continua a existir. Segundo muitos, seu sucesso só depende do aprimoramento dos projetos de sistemas de computação e, especialmente, de linguagens de programação.

2.3 - A CRIAÇÃO DE UM SISTEMA GRÁFICO

O processo de construção de um sistema gráfico pode ser descrito, resumidamente, da seguinte maneira: [9]

1 - Escolha da linguagem, sobre a qual se baseará o sistema.

2 - Projeto do conjunto de funções ou extensões da linguagem para E/S gráfica.

3 - Redação do manual do programador.

4 - Redação do software necessário ao desempenho das funções gráficas.

O desenvolvimento dos dois primeiros ítens resulta no projeto do que poderia ser chamado de linguagem gráfica [5]. É impor-

tante fazer a distinção desta e de outras conotações do termo "linguagem gráfica", que pode ser associado a linguagem em linha para desenho e manipulação de figuras [6], comando de um programa gráfico [7] ou um sistema gráfico iterativo para definir programas [8]. O tipo de linguagem gráfica necessária a um sistema gráfico de propósito geral é a linguagem de alto nível convencional orientada para rotinas, convenientemente incrementada com funções gráficas.

2.4 - FUNÇÕES GRÁFICAS:

O projeto de funções gráficas ou extensões de linguagem é de importância vital na determinação do sucesso ou do fracasso de um sistema. Pode-se visualisar estas extensões como sendo um meio de oferecer ao usuário o controle de funções internas de hardware e software. Este controle deve ser simples e poderoso e nunca englobar ' um conjunto muito numeroso de funções, o que normalmente acarreta a dificuldade de interpretação e destinção entre funções, maior possibilidade de erros de operação, além de obrigar o usuário a dispender maior tempo na leitura do manual de utilização das funções. Um número pequeno de poderosas funções gráficas é a maneira ideal de reduzir o perigo da redundância e da possibilidade de combinações errôneas de funções, além de eliminar os rodapés de advertências nos manuais, marca registrada de sistemas gráficos mal projetados [9]. A idéia é a de reduzir ao mínimo as possibilidades de erros de lógica por parte do usuário sem lhe fazer restrições e não a de reduzir simplesmente o número de funções. Se estas não podem atender as necessidades do usuário, ele mesmo se verá obrigado a escrever novas funções a fim de remediar o problema.

2.5 - O PROBLEMA DAS LINHAS ESCONDIDAS

O termo"gráfico emitido por computador", através do uso, tem se tornado conveniente para definir a área de técnicas e aplicações de computador na qual o dado fornecido pelo usuário é apresentado ou aceito por este sob a forma de linhas desenhadas ou diagramas. Em se tratando de objetos tri-dimensionais, é interessante a determinação de partes visíveis e não visíveis em relação a um observador colocado em um determinado ponto. O problema se baseia no fato de que a luz não pode atravessar um objeto opaco [10] . Assim sendo, se estabelece imediatamente que as linhas que se situam atrás de um objeto opaco são invisíveis aos olhos do observador e classificadas,portanto, como linhas escondidas.

Para o computador não existe uma maneira"opaca" de se deter a luz. É necessário pois, uma caracterização matemática da invisibilidade de algumas linhas componentes do objeto,as quais apesar de não serem vistas sob certos ângulos,podem sê-lo de outro. A determinação da visibilidade ou não de uma linha se constitui na solução para o problema.

2.6 - CONCLUSÕES

Tomando por base o progresso nos dias de hoje, torna-se um tanto óbvio o entusiasmo pelo processamento de imagens.

As aplicações em engenharia mecânica vêm demonstrando razoável sucesso por se basearem, em grande parte,em modelos matemáticos simples e pequeno número de interações. Por outro lado, a necessidade de simples, potentes e pequenos sistemas gráficos visando auxílio à programação de máquinas de controle numérico,permanece até os dias

de hoje.

As aplicações em engenharia elétrica visando a impressão de desenhos de circuitos estão cada vez mais difundidas.

Continuam em desenvolvimento em todo o mundo, experiências em arquitetura e planejamento urbano.

Observa-se, contudo, que tão longe quanto se possa chegar, a situação do software geral para gráficos não é ainda muito clara. O software para gráficos iterativos não tem sido bem servido com o uso do FORTRAN e poucas são as pessoas que se aventuram fora desta linguagem de programação [9].

O futuro do processamento gráfico é muito promissor. Tomando-se por base que os gráficos contribuem para maior e melhor percepção e compreensão do ambiente pelo homem em um mundo técnico, pode-se afirmar que o futuro desse tipo de processamento é dos mais promissores. Sua necessidade é certamente incontestável. Também o é o avanço tecnológico em termos de hardware, o que contribui para tornar cada vez mais baratos os sistemas gráficos. Com o advento dos processadores microprogramados com memórias de controle cada vez maiores, os mecanismos para a manipulação de melhores sistemas começam a se tornar cada vez mais disponíveis. Displays a cores serão parte do futuro de muitos tipos de aplicação. Sistemas cada vez melhores e menores serão indicados para aplicações especiais e específicas.

O futuro do processamento de imagens está ligado diretamente aos futuros desenvolvimentos de toda a ciência dos computadores [3]. Os gráficos emitidos pelo computador poderão então ser oferecidos como benefício e ferramenta de trabalho, como o são as linguagens de programação e sistemas.

CAPÍTULO 3

UM SISTEMA GRÁFICO

3.1 - ORGANIZAÇÃO E TERMINOLOGIA

A definição da terminologia e a organização de um sistema gráfico são dois tópicos bastante discutidos. De um modo simplificado, propõem-se um diagrama de organização, mostrado na figura 1. Seu objetivo é o de focalizar somente os processos e dados essenciais à operação de um programa de aplicação gráfica.

Para efeito de um melhor entendimento e visando uma definição de terminologia, segue-se uma breve descrição de cada elemento da figura 1.

1 - Unidades de entrada:

São usadas pelo operador do programa de aplicação a fim de fornecer dados e comandos de controle.

2 - Manipulador de entradas:

É o processador dos pedidos de interrupção que partem das unidades de entrada, provendo assim meios para que o programa de aplicação receba os dados a serem manipulados.

3 - Estrutura de dados:

Contém os dados em forma adequada para manipulação pelo programa de aplicação.

4 - Procedimentos de entrada:

Recebem os dados do manipulador de entradas, fazem mu-

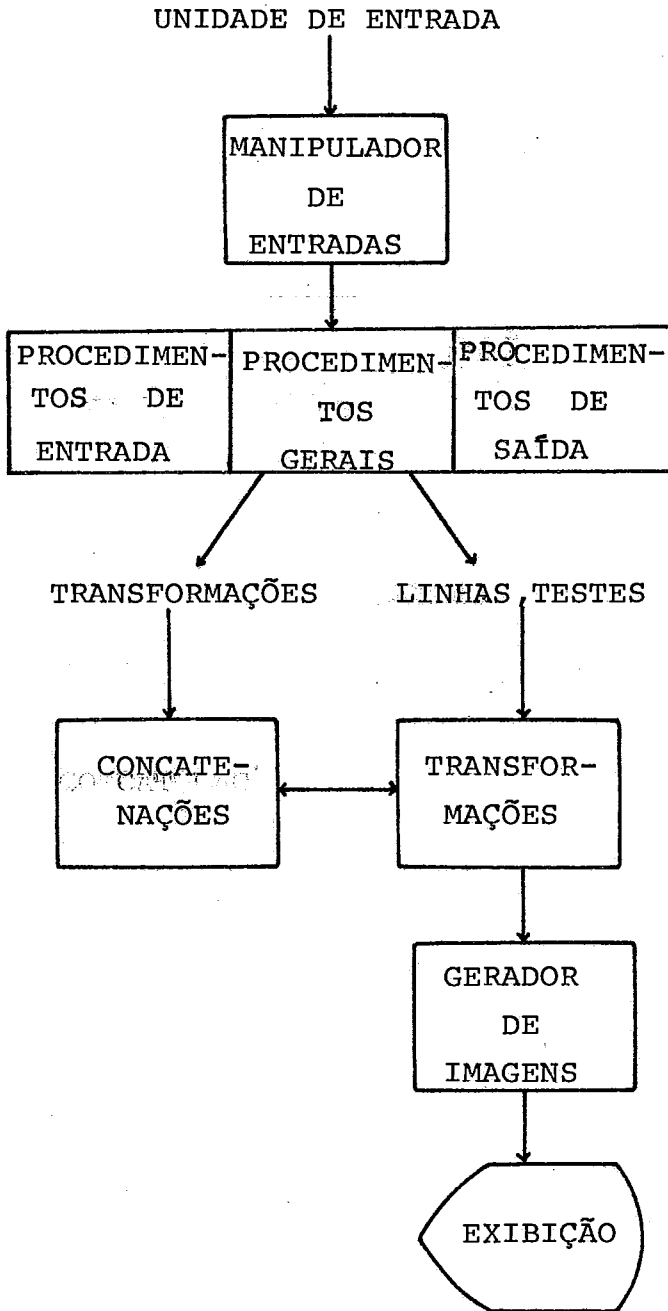



DIAGRAMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO GRÁFICO DE E/S

Figura 1

danças apropriadas na estrutura de dados e passam o controle a outras rotinas.

5 - Procedimentos gerais:

São as partes do programa de aplicação que não envolvem diretamente E/S. São rotinas de apoio.

6 - Procedimentos de saída:

Definem a figura a ser exibida, geralmente em termos de dados armazenados na estrutura de dados do programa, isto é, definem como esses dados podem ser exibidos.

7 - Rotinas de Transformação:

São capazes de mudar escalas, fazer rotação e translação da informação gráfica gerada pelas rotinas de saída. O resultado é uma figura de tamanho e posição arbitrários. Desse grupo podem também fazer parte rotinas que selecionam partes específicas da figura a ser exibida, como se formassem uma espécie de janela.

8 - Procedimentos de concatenação:

Controlam as transformações sempre que necessário, verificando suas hierarquias.

9 - Gerador de imagens:

Converte informações em sinais convenientes à unidade de saída em questão.

O conjunto formado pelos ítens 4,5 e 6 é o programa de aplicação [9] . Contudo, a importância das rotinas de transformação deve ser ressaltada. É muito bom para o usuário poder efetuar as trans -

formações que deseja, livremente, para obter diferentes visões de uma figura, em diferentes escalas. Por esta e outras razões é interessante extender o domínio das rotinas de transformação a fim de que manipulem figuras tridimensionais. Isto acrescenta um pouco de complexidade ao sistema mas sua utilidade é de comprovada significação.

3.2 - APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA DE APLICAÇÃO CONV

É evidente que programas de computador não podem desenhar e sim seguir uma série de procedimentos que o usuário pensou poderem resolver uma determinada classe de problemas. Tomando por base o próprio procedimento humano nesse sentido, podemos acrescentar alguns de seus elementos de experiência, perspicácia e criatividade à habilidade natural do computador de desempenhar procedimentos de rotina e repetidas operações de comparação sem a possibilidade de erro. É deduzível que pequena fração do esforço envolvido no processo de desenho requer criatividade, enquanto a maior parte do trabalho se concentra em atenção a milhares de detalhes como cálculos, restauração de informações, captura de dados, etc.

O programa CONV se baseia em processos bastante intuitivos e simples na manipulação das coordenadas de que se compõe um objeto tridimensional. Inicialmente é pesquisado o contorno da projeção do mesmo sobre um plano frontal X'Y'. Em seguida, e a partir de pontos pertencentes ao contorno, é resolvido o problema da visibilidade ou não das linhas de que se compõe a figura projetada.

A característica "não iterativo" se deve à indisponibilidade de suporte de hardware que permita a instalação de dispositivos tais como "light pen", console para display, etc. Em nível de hardware

serão gerados apenas os elementos primitivos: pontos, segmentos de reta e caracteres alfanuméricos. A manipulação desses elementos a nível de software é que ocasiona a formação das figuras.

Para sua exibição, os objetos contam com o mini-computador MITRA-15 e um osciloscópio a ele conectado. Suas coordenadas devem portanto ser inteiras e pertencer ao intervalo (0,512) ou seja, qualquer número X a ser alimentado no sistema deve obedecer a seguinte convenção:

$0 < X < 512$ e $X \in \mathbb{N}$

3.3 - UTILIZAÇÃO:

A utilização de CONV é muito simples e obtida através de chamada feita pelo usuário em programa FORTRAN da seguinte maneira:

CALL CONV (END, GRAUS)

END é o endereço simbólico do início da cadeia de coordenadas do usuário.

GRAUS especifica o ângulo para a rotação do objeto. Se GRAUS for igual a zero significa que o usuário não deseja obter a rotação do mesmo.

Uma vez acionado, o programa permanece em seu laço principal a fim de possibilitar a exibição contínua de um objeto por tempo indeterminado. A obtenção de nova posição,nesta versão de CONV, é conseguida através do abandono do programa e nova chamada.

3.4 - FILOSOFIA DE TRATAMENTO

Os dados oferecidos como entrada pelo usuário são examinados e armazenados em estrutura conveniente à sua manipulação rápida.

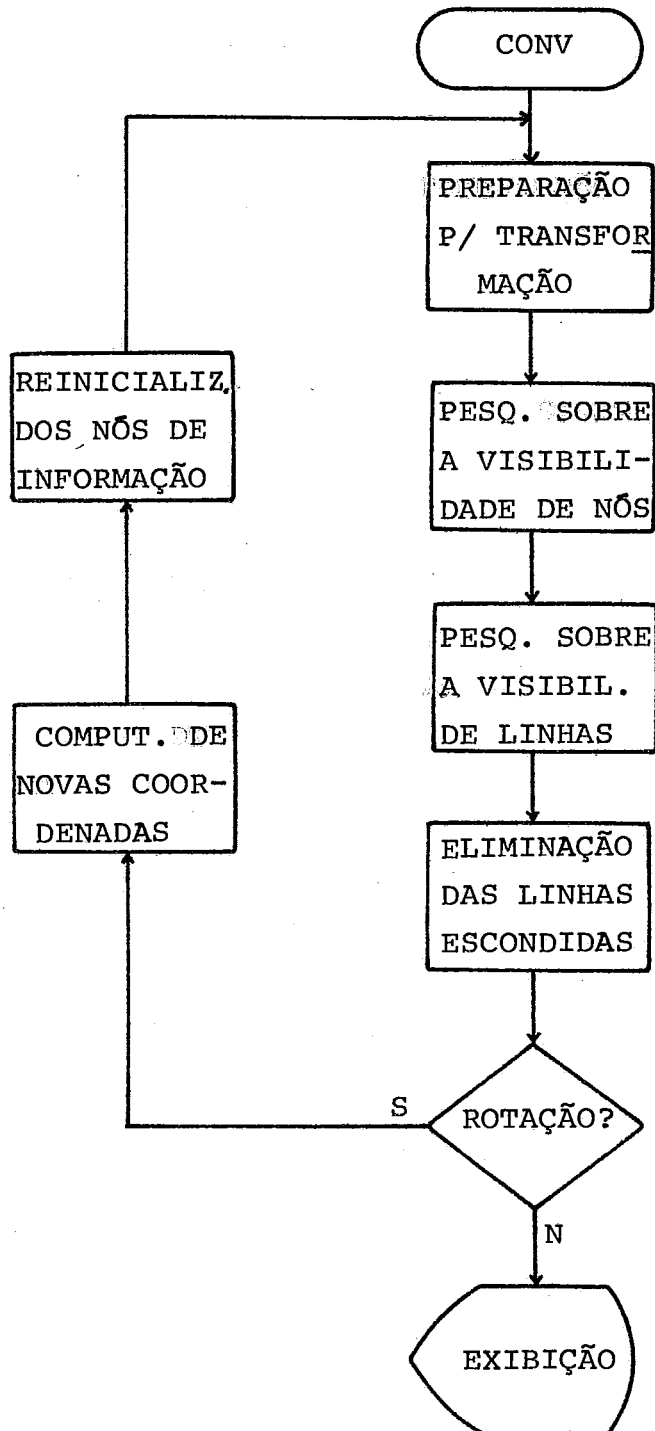



DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE CONV

Figura 2

Esses dados são inicialmente analisados com o objetivo de se definir o

contorno do objeto a ser exibido. Este processo se baseia no estudo da projeção do objeto sobre o plano X'Y', segundo um observador posicionado no infinito. A determinação das linhas escondidas é feita, portanto, "de fora para dentro" da projeção. O resultado é a projeção do objeto sobre o mesmo plano com a eliminação das linhas escondidas mediante ou não rotação feita em relação a um eixo coordenado no espaço.

A figura 2 dá uma idéia geral dos procedimentos principais do programa.

3.5 - TEMPO E MEMÓRIA

O problema do algoritmo é a deteção e eliminação das linhas escondidas. Esse trabalho de pesquisa envolve muita computação, o que corresponde a dispêndio de tempo. É de inteira responsabilidade do usuário o gasto de memória, quanto ao fornecimento de dados para o programa. Sua preocupação deve ser sempre a de minimizar o número de linhas a serem traçadas sobre o objeto que ele quer desenhar. Quanto maior for o número de dados, maior será o tempo gasto em pesquisá-los e maior também a área de memória necessária à sua carga e armazenamento em estrutura conveniente.

3.6 - A ORGANIZAÇÃO DO PROGRAMA

O programa CONV é organizado em fases para sua melhor compreensão. As fases são independentes entre si, tendo como único ponto em comum o acesso aos nós de informação de que se compõe a cadeia de entrada fornecida pelo usuário. Cada fase tem tarefas específicas de pesquisa e armazenamento de informações para a seguinte.

3.7 - O SISTEMA DE PROJEÇÃO

Um modo conveniente de se descrever um sólido é em função de seus vértices com o objetivo de formar arestas e faces. Esses ' vértices, por convenção, são percorridos no sentido horário pelo algorítmo, aresta por aresta, segundo sua projeção em um plano conveniente.

A projeção de um ponto sobre um plano é definida como o pé da perpendicular que vai do ponto ao plano. Estas perpendicular é única, visto que por um ponto dado passa uma e somente uma perpendicular a um plano específico. Por conseguinte, se temos um segmento de reta $\overline{AB}$ e um plano E quaisquer, a projeção de $\overline{AB}$ sobre E é o conjunto de todos os pontos que são projeções dos pontos de que se compõe $\overline{AB}$,sobre E.

De um modo mais geral podemos afirmar que a projeção de um polígono convexo é convexa, e num nível mais elevado, que a de um sólido convexo é igualmente convexa. Esta é a idéia sobre a qual o programa CONV se baseia. A manipulação dos segmentos de reta é feita sobre os dois sistemas coordenados:

1 - Sistema 0 (x,y,z)

Sistema tridimensional de eixos, sobre o qual os objetos devem ser definidos.

2- Sistema 0' (x',y')

Sistema bidimensional representativo do plano de projeção paralelo ao plano x=0, que intercepta o semi-eixo positivo dos X. (figura 3).

Os objetos definidos a três dimensões são transformados em objetos bidimensionais a fim de poderem ser exibidos. A impres-

são de profundidade é dada pela visão em perspectiva do objeto (P). Considerando-se P' a projeção de P sobre X'Y', a qualquer ponto $P_i(x_i,y_i,z_i)$, $P_i \in P$, será associado um outro $P_i(x_i',y_i')$, $P_i' \in P'$. Assim sendo:

$$y_i = x_i'$$

$$z_i = y_i'$$

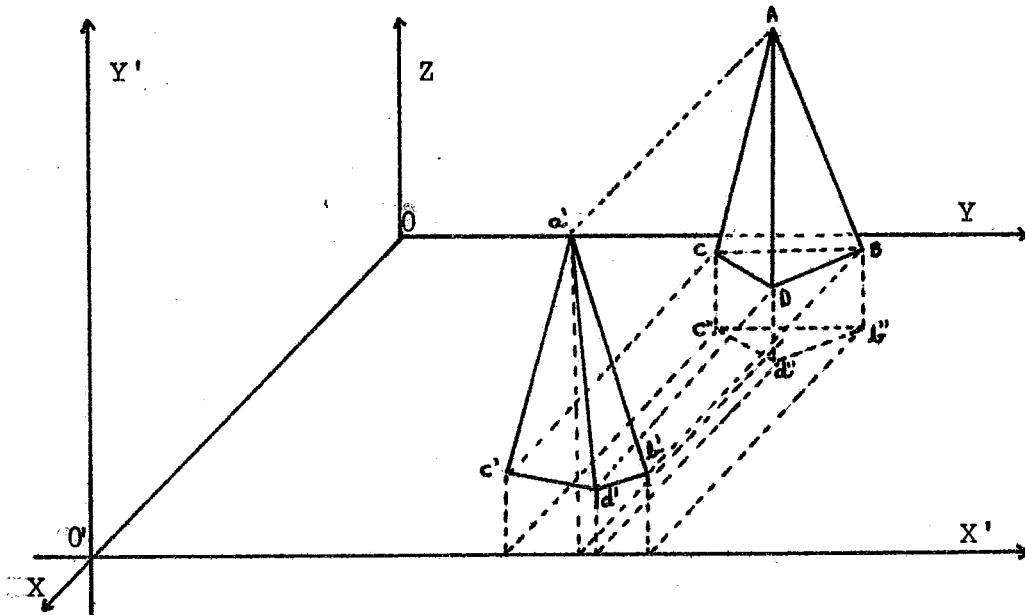
As coordenadas x_i não fazem parte da projeção do objeto P sobre o plano X'Y' mas são muito importantes na determinação das linhas escondidas. É através delas que se obtêm informação sobre quais os pontos que mais se aproximam ou afastam do observador.

OS SISTEMAS DE PROJEÇÃO

Figura 3

3.8 - OS NÓS DE INFORMAÇÃO

Os nós de informação são armazenados em uma fila, de acordo com os dados introduzidos pelo usuário. Esta fila de nós deve

ser o mais compacta possível para que se evite gasto de memória e tempo. Ao usuário cabe a responsabilidade de arranjar os dados de modo a evitar o mais possível a repetição de linhas no traçado de seu objeto.

Sob o ponto de vista do usuário, a cadeia de coordenadas que define seu sólido forma uma matriz 4 x N palavras. N é o número de vértices Vi do mesmo.

OBS:

Tendo em vista o caráter provisório da implementação do algorítmo (levando em conta que seu projeto é para o MITRA-15 e não para o IBM 1130) deixamos de dimensionar as matrizes, que poderão eventualmente assumir valores definitivos em sua forma final.

A →

x_1	y_1	z_1	i_1
x_2	y_2	z_2	i_2
⋮	⋮	⋮	⋮
x_i	y_i	z_i	i_i
⋮	⋮	⋮	⋮
x_n	y_n	z_n	i_n

A' →

x'_1	y'_1	z'_1	i'_1
x'_2	y'_2	z'_2	i'_2
⋮	⋮	⋮	⋮
x'_i	y'_i	z'_i	i'_i
⋮	⋮	⋮	⋮
x'_n	y'_n	z'_n	i'_n

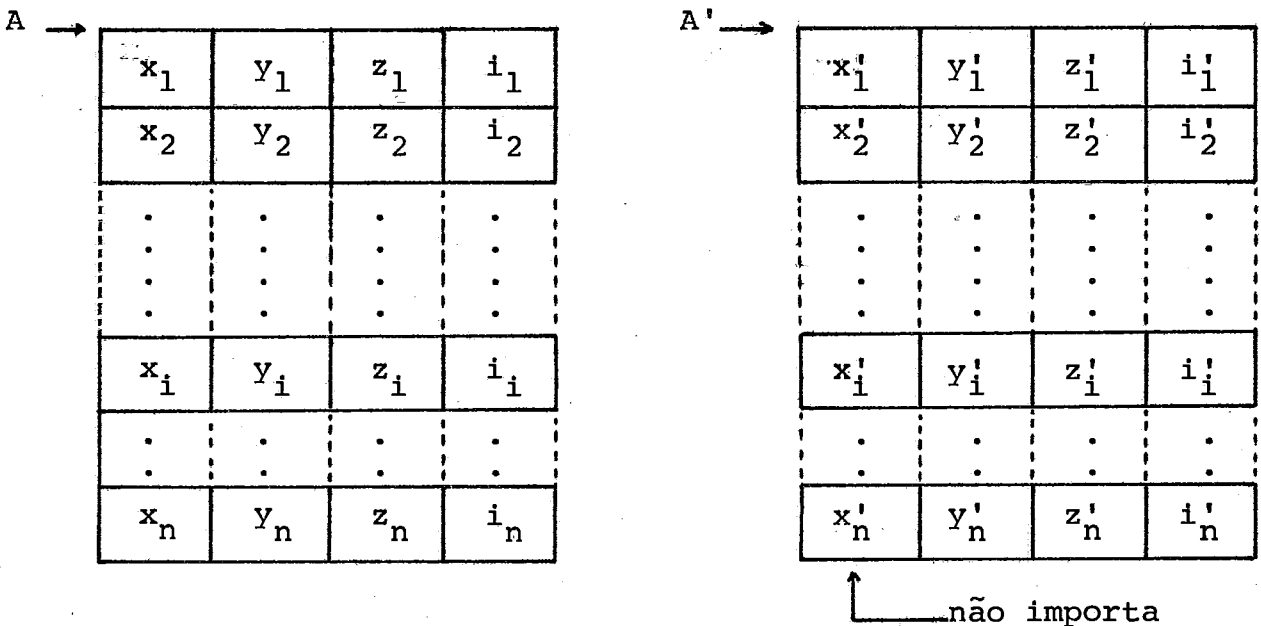
↑ não importa

ASPECTOS DA FILA DE E/S

Figura 4

A figura 4 mostra a matriz A de entrada e a matriz A' de saída. A primeira mostra os nós fonte e a segunda, os nós transformados.

A exibição do sólido é feita mediante sua projeção sobre o plano X'Y' (figura 3). Desse modo e, para esse objetivo, as coordenadas X do sólido são ignoradas pelo algoritmo convenientemente.

3.8.1 - O FORMATO DO NÓ DE INFORMAÇÃO

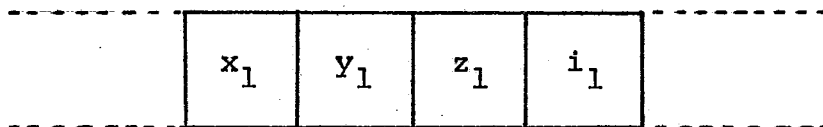
Cada nó de informação corresponde a dados sobre um único ponto componente do objeto a ser exibido. Estes dados se referem às coordenadas cartesianas do ponto no espaço. Assim sendo, para um ponto genérico P_i do espaço, teremos um nó de 4 palavras onde as informações são distribuídas da seguinte forma:

UM NÓ DE INFORMAÇÃO

Figura 5

Onde:

1 - x_1, y_1 e z_1 são as coordenadas espaciais de P_i.

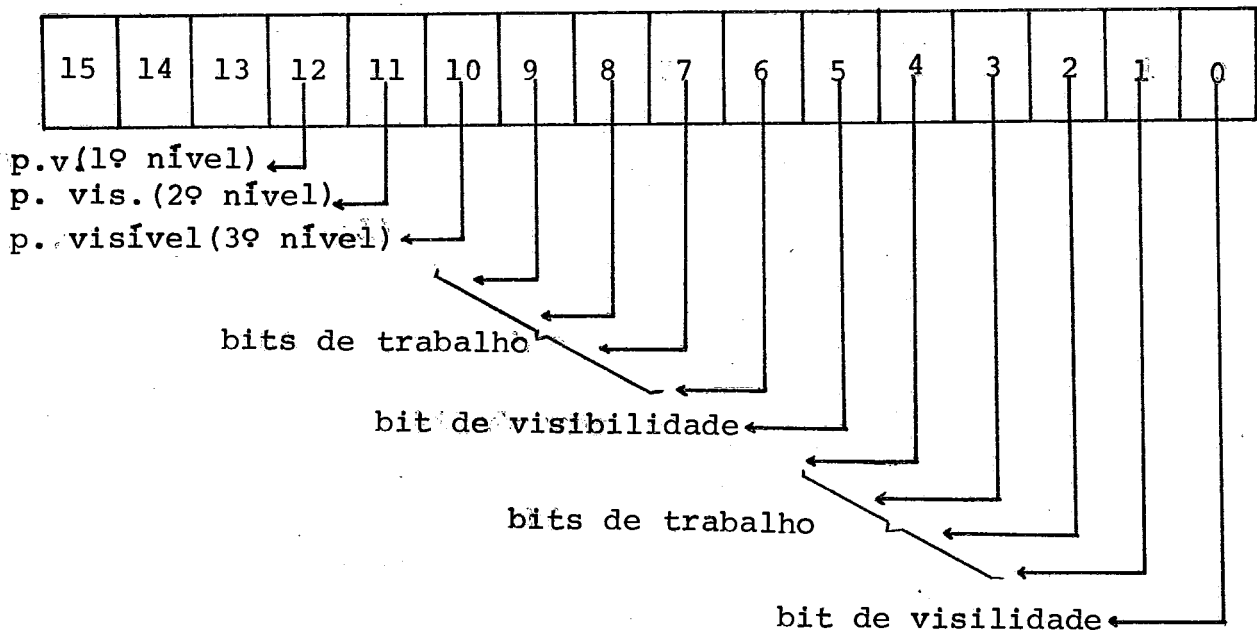
2 - i_1 é uma palavra de trabalho a ser utilizadas por todas as fases do programa. Seu conteúdo final indica se o ponto correspondente a este nó é visível ou não. A configuração de seus bits é o seguinte:

A PALAVRA DE TRABALHO I

Figura 6

Observe-se que a condição "verdadeiro" estará associada ao valor 1 (bit ligado) e a condição "falso" ao valor 0 (bit desligado).

3.9 - AS SUBFIGURAS:

Uma subfigura será interpretada como um conjunto de linhas que formam ou não um polígono qualquer sobre uma face do objeto, sem contudo ser confundida com suas arestas. Esse polígono pode ser côncavo ou convexo. A restrição de ser convexo é feita somente ao objeto.

3.10 - NÍVEIS DE VISIBILIDADE:

Os níveis de visibilidade dos pontos componentes de uma figura projetada sobre X'Y' obedecem a uma hierarquia relacionada unicamente à disposição de suas coordenadas sobre o mesmo e foram in-

troduzidas para facilidade de implementação do algoritmo.

- Os pontos classificados como do 1º nível são aqueles que pertecem ao contorno da figura, isto é, pertecem aos segmentos de reta que limitam a projeção do objeto sobre X'Y'.

- Os pontos do 2º nível são aqueles imediatamente ligados aos do contorno da figura e que não pertencem a ele.

- Os pontos do 3º nível são os pontos restantes de que se compõe a figura.

A utilização dessas informações é levada a efeito pelos procedimentos de saída na definição final da figura a ser exibida, bem como pelos procedimentos gerais que as usam para otimizar seus processos de pesquisa.

3.11 - MODULARIDADE:

Cada fase do programa CONV é um subprograma independente dos demais. A utilização ou mudança total de qualquer um deles não provoca nunhum transtorno na filosofia do algoritmo, visto que cada fase se preocupa somente em trabalhar dados para a seguinte.
Esses dados são bits a serem ligados ou não na palavra de trabalho de cada nó.

CAPÍTULO 4

A ESTRUTURA DE DADOS

4.1 - INTRODUÇÃO

Os programas de computador usualmente operam problemas baseados em tabelas de informação. Em muitos casos estas tabelas não são simplesmente massas amorfas de valores numéricos; elas envolvem relações muito importantes entre os elementos que contêm.

Em sua mais simples definição, uma tabela deve ser uma lista linear de elementos com importantes propriedades de construção que podem responder a perguntas como: quem é o primeiro elemento da lista? Quem é o último? Quais os elementos que precedem ou seguem um outro?

Em sua forma mais complicada, uma tabela é uma matriz bidimensional ou n-dimensional para os valores maiores de n, o que pode ser uma estrutura em árvore representando a hierarquia de seus elementos ou então uma complicada estrutura multiligada com um grande número de conecções, comparáveis às do cérebro humano [11] .

De um modo geral, para se aproveitar as facilidades que um computador oferece é importante adquirir-se uma boa compreensão do relacionamento dos dados que se está usando, bem como das técnicas de representação e manipulação dessas estruturas dentro da máquina. O objetivo é a flexibilidade e velocidade de processamento que elas podem oferecer.

Para o caso específico de CONV, a necessidade de se saber a todo momento informações sobre um segmento de reta qualquer componente do objeto em estudo, nos levou a procurar um modo simples

de relacionar cada ponto com todos os outros conectados a ele. Esta solução acarretou maior gasto de memória mas nos trouxe a vantagem da velocidade, que é o fator de importância primordial na regeneração de uma figura em exibição numa tela de display.

4.2 - ESTRUTURAS DE DADOS MANIPULADAS POR CONV

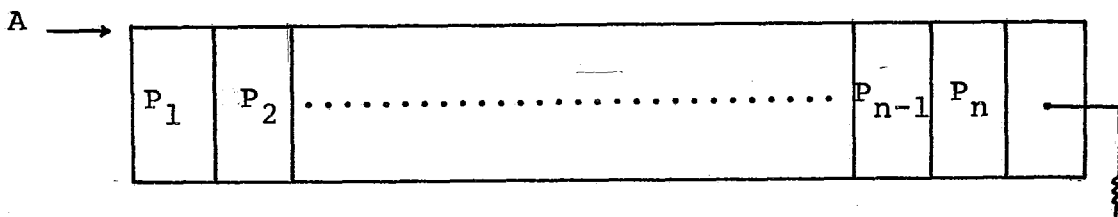
Os dados de entrada fornecidos pelo usuário constam de uma seqüência de coordenadas muito difíceis de serem manipuladas e entendidas pelo programa. O tempo investido para percorrer tal cadeia é muito grande devido ao número enorme de comparações que devem ser feitas a fim de se identificar um segmento de reta e sua posição no objeto. Isso se deve, em parte, às repetições de referências a um mesmo ponto, pois cada vértice de um objeto se liga, no mínimo, a três outros. A figura 7 ilustra esta idéia e mostra como os dados de entrada são armazenados na memória, em uma fila, cujo endereço simbólico é A.

A ESTRUTURA DE DADOS DO USUÁRIO

Figura 7

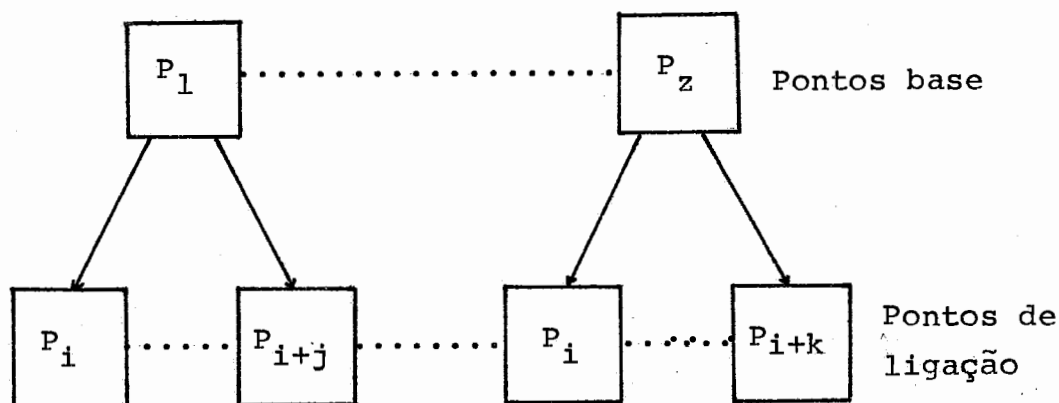
N é o número de pontos usados pelo usuário para o traçado do objeto no espaço. Uma estrutura mais flexível é apresentada na figura 8 onde cada ponto (vértice ou não) é relacionado a todos os outros que a ele se ligam.

A ESTRUTURA DE DADOS DO PROGRAMA

Figura 8

Um ponto base é aquele tomado como referência. Os pontos de ligação são aqueles que formam um segmento de reta com o ponto base no espaço. Um objeto tem tantos pontos base quantos são os pontos que definem seu traçado.

4.3 - PROCEDIMENTOS DE ENTRADA

4.3.1 - FILOSOFIA DE TRATAMENTO

Duas tabelas são usadas para concretizar a estrutura ' anteriormente descrita:

1 - PT:

Tabela onde são armazenados os pontos base. Sua dimensão é de 2N+1 palavras, onde N é o número total de pontos base componentes do objeto no espaço. Duas palavras são usadas para cada referência a um ponto base. A primeira contém o endereço do ponto na cadeia A do usuário. A segunda palavra é um ponteiro para a tabela

de pontos de ligação.

2 - SEG:

Tabela de pontos de ligação. As informações armazenadas em SEG são endereços de pontos guardados em A. Sua dimensão é variável e depende do objeto a ser exibido.

O motivo pelo qual se usou endereços de pontos e não os próprios, foi o de evitar gasto de memória, lembrando que cada ponto é definido por três coordenadas. Esses endereços se referem sempre à primeira palavra do nó de informação, em sua primeira ocorrência em A. É um modo de acelerar a pesquisa na referida cadeia, a qual é feita de modo seqüencial.

4.3.2 - O PROCEDIMENTO DE MONTAGEM E PREENCHIMENTO DA ESTRUTURA

4.3.2.1 - Descrição das variáveis

1 - LIVPT:

Ponteiro para a próxima palavra livre de PT.

2 - LISEG:

Ponteiro para a próxima palavra livre de SEG.

3 - FIXSG:

Ponteiro para a primeira palavra de cada grupo de pontos de ligação.

4.3.2.2 - Procedimento 1:

1.1. - Início.

1.2 - R←end[primeira palavra ao primeiro nó de A].

1.3 - PT [LIVPT] ←R. LIVPT←LIVPT + 1.

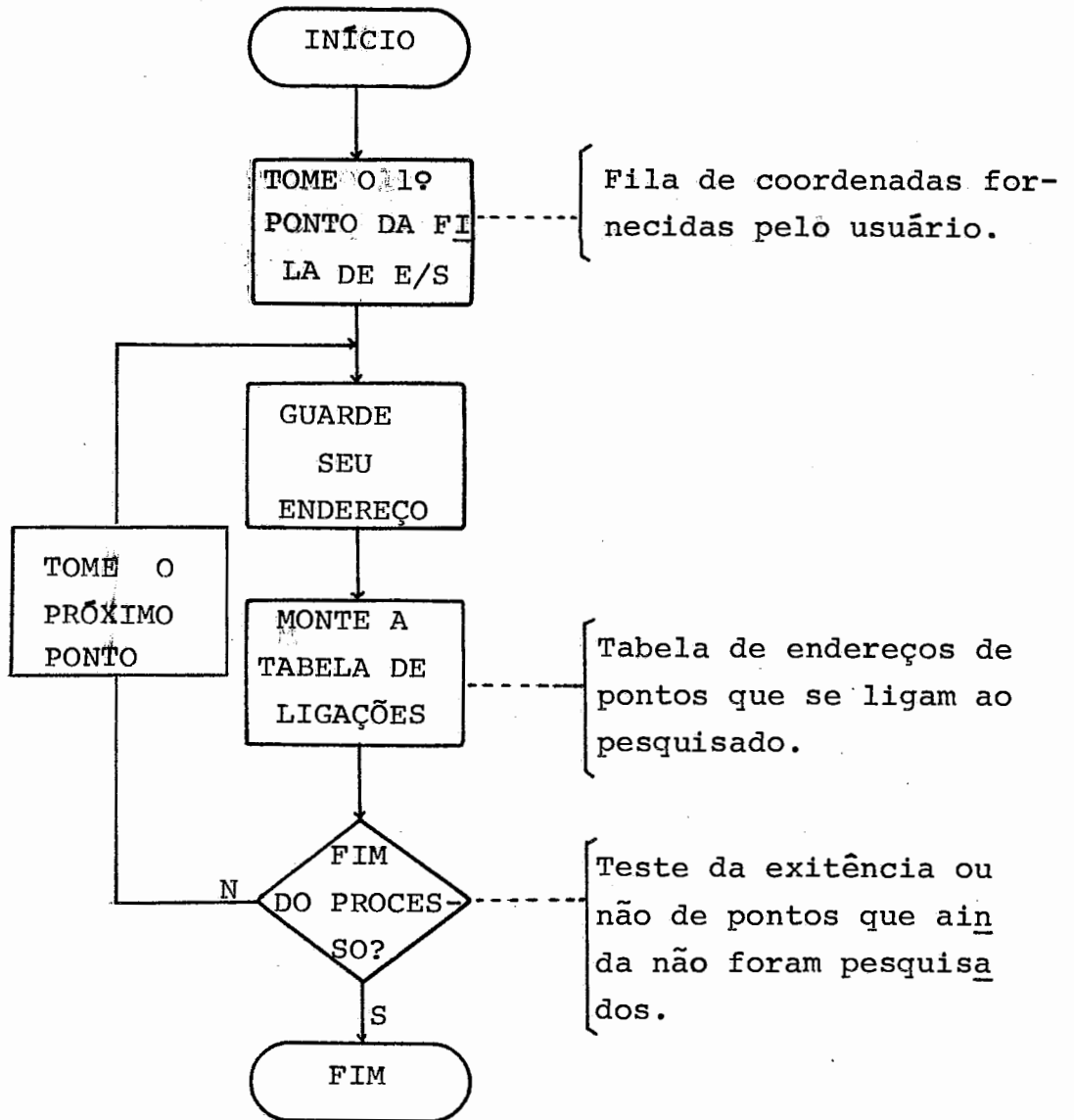
1.4 - PT [LIVPT] ←LISEG . LIVPT←LIVPT + 1.

PROCEDIMENTO 1 - DIAGRAMA GERAL

Figura 9

1.5 - R←end [ponto ligado ao apontado por R] .

1.6 - SEG [LISEG] ←R1. LISEG←LISEG + 1 .

1.7 - O ponto apontado por R se liga a mais algum ponto? Se sim, vá em frente, c.c. vá a 1.9.

1.8 - R1← [end nova ligação do ponto apontado por R] .

1.9 - R1 aponta o último nó de A? Se sim, vá em frente, c.c. vá a 1.11.

1.10 - Todos os pontos de A já foram pesquisados? Se sim, vá a 1.12, c.c. vá em frente.

1.11 - O nó apontado por R1 já está em SEG? Se sim, vá a 1.7, c.c. vá a 1.6.

1.12 - Fim .

A figura 9 ilustra o procedimento descrito acima.

CAPÍTULO 5

PROCEDIMENTOS GERAIS

5.1 - INTRODUÇÃO

O procedimento para a eliminação das linhas escondidas é um conjunto de quatro procedimentos principais, que funcionam como um todo, de modo que, em determinada ordem, a saída gerada por um se constitui na entrada para o outro.

Os procedimentos trabalham sobre cada segmento de reta que compõe o objeto no espaço. Um segmento é comparado com os outros e quando resulta invisível é imediatamente marcado na fila de pontos para que não se perca tempo com posteriores comparações com ele.

Mesmo invisível, o segmento de reta não é retirado da fila. Isso porque formar uma nova fila somente com os segmentos de reta visíveis seria muito dispendioso. A solução adotada foi guardar na quarta palavra do nó de informação de um dos pontos extremos, a decisão final sobre a visibilidade ou não do segmento de reta a que pertence.

Há outro motivo pelo qual não é aconselhável destruir a fila de pontos. Se isso acontece o usuário perde a opção de chamar CONV tantas vezes quantas quizer em seu programa para obter diferentes vistas do objeto que deseja exibir, através do uso de uma rotina de transformação.

Para facilitar a compreensão dos procedimentos gerais vamos descrever os algoritmos usados por cada um em separado na ordem relativa a sua influência sobre os demais. Esta influência deve ser atendida apenas como hierarquia de transferência de informações, como já foi dito anteriormente.

5.2 - OS PONTOS EXTREMOS:

A idéia básica do algoritmo CONV é a que este trabalha sobre linhas e não sobre superfícies. Isto significa que os sólidos a serem exibidos são considerados como um conjunto de segmentos de reta cuja situação no espaço é conhecida através das coordenada $P_i(x_i, y_i, z_i)$ de seus pontos extremos. A primeira fase do algoritmo se preocupa em conhecer os pontos extremos da figura. Isso quer dizer que dada uma figura P, projeção do objeto P_i do espaço sobre o plano X'Y' definiremos os pontos de P XMIN(P), XMAX(P), YMIN(P), YMAX(P) da seguinte meneira:

$XMIN(P) \leqslant x_i' \ , \ \forall \ x_i' \in P$

$XMAX(P) \geqslant x_i' \ , \ \forall \ x_i' \in P$

$YMIN(P) \leqslant y_i' \ , \ \forall \ y_i' \in P$

$YMAY(P) \geqslant y_i' \ , \ \forall \ y_i' \in P$

Estas condições são necessárias mas não suficientes,

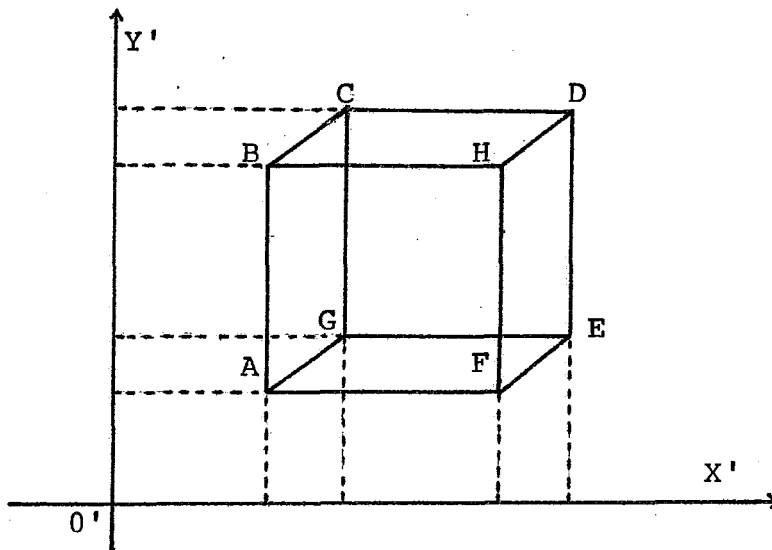



FIGURA APRESENTANDO MAIS DE UM PONTO EXTREMO PARA CADA SITUAÇÃO

Figura 10

haja visto casos como o que mostra a figura 10, onde, por exemplo os pontos A e B satisfazem a primeira condição acima. Adotaremos a seguinte convenção: dada uma figura P' qualquer do plano X'Y' e seus pontos XMIN de abcissas iguais, existe um C tal que:

$C = \{ x_i' \in P \mid x_i' = XMIN(P) \}$

Um x_i' será escolhido de modo que:

$x_j' \in C \mid \forall\ x_i' \in C\ ,\ y_j' < y_i'\ ,\ y_j' \in nó[x_j']\ ,\ y_i' \in nó[x_i']$

O objetivo desta fase é demarcar a área a ser ocupada pela figura no plano X'Y'. Desta maneira podemos afirmar que todos os pontos de P pertencentes à projeção de P' sobre X'Y' deve satisfazer ' as seguintes condições:

$P_i'(x_i', y_i') \in P' \Rightarrow (XMIN(P) \leqslant x_i' \leqslant XMAX(P)) \wedge (YMIN(P) \leqslant y_i' \leqslant YMAX(P))\ ,\ x_i', y_i' \in \mathbb{R}$

5.2.1 A BUSCA DOS PONTOS EXTREMOS:

A função deste procedimento é a de detetar e marcar os pontos considerados críticos. Trata-se dos pontos extremos definidos ' anteriormente. Devido a sua simplicidade, deixamos de apresentar o diagrama geral do procedimento.

5.2.1.1 - Descrição das variáveis:

As variáveis usadas neste procedimento são:

1 - XMIN, XMAX, YMIN e YMAX:

Variáveis que guardam os valores dos pontos críticos para posteriores consultas.

2 - R:

Ponteiro para a primeira palavra do nó que se quer pesquisar.

5.2.1.2 - Procedimento 2

2.1 - Início.

2.2 - R←end[primeira palavra do primeiro nó da fila de pontos].

2.3 - Salve X e Y desse ponto.

2.4 - R←R + 1 .

2.5 - Todos os nós já foram visitados? Se sim, vá a 2.10, c.c. vá em frente .

2.6 - R aponta o nó de menor X? Se sim, salve X e vá a 2.4, c.c. vá em frente .

2.7 - Idem para o maior X .

2.8 - Idem para o menor Y .

2.9 - Idem para o maior Y .

2.10- Marque na fila de pontos todos os nós que contenham algum ponto extremo .

2.11- Fim .

5.3 - OS PONTOS QUE PERTENCEM AO CONTORNO-PONTOS DO 1º NÍVEL

5.3.1 - INTRODUÇÃO

O contorno de um objeto P, convexo, que se projeta de modo ortogonal sobre o sistema bi-dimensional de eixos X'Y', é um polígono P' de um número finito de lados, dentro e sobre o qual se limitam as projeções de todas as arestas que compõem esse objeto. Isso se deve à própria definição de objeto convexo. Os lados de P' são, desta maneira, as projeções das arestas do contorno do objeto P segundo um observador situado no infinito. É intuitivo pois concluir que, independentemente do fato de haverem arestas de P que estão escondidas ou não, o

contorno do objeto será sempre visível aos olhos do observador. Desse modo, o conjunto de lados de P' é a projeção ortogonal de P tal como o observador pode vê-lo.

5.3.2 - FILOSOFIA DE TRATAMENTO

Uma das primeiras sensações que o olho humano tem ao se deparar com um objeto é a sensação de massa, de espaço ocupado pelo mesmo. Para ele não constitui problema o reconhecimento de silhuetas. Sua capacidade de ver, distinguir e comparar formas, bem como a de transmitir ao cérebro todas as informações necessárias sobre profundidade, etc, é instantânea. Para uma máquina porém, esses procedimentos intuitivos não são tão fáceis. É necessário que se envolva muito tempo de computação até que ela possa "ver","compreender" e exibir o que"viu" e está guardado em sua memória.

Por convenção, CONV, através do PROCEDIMENTO 3, define o contorno P' do objeto sobre X'Y', examinando-o no sentido horário. Como ponto de partida é usado um dos pontos extremos previamente calculados. Esses pontos, por sua própria condição são implicitamente componentes de P'. A busca dos demais pontos é feita de modo muito simples através do coeficiente angular conveniente a cada situação dos pontos de P'.

5.3.2.1 - Método de ação

O coeficiente angular ou declividade de uma reta é a tangente trigonométrica de sua inclinação. O coeficiente angular de uma reta que passa por dois pontos $P_1'(x_1',y_1')$ e $P_2'(x_2',y_2')$ é dado por:

$$m = \frac{y'_1 - y'_2}{x'_1 - x'_2} \quad , \; m \in \mathbb{R}$$

Para facilitar a escolha dos coeficientes angulares, ' cada figura apresentada ao programa é imediatamente dividida em quatro setores:

<u>1º setor</u>:

Semi-plano situado à esquerda da reta que liga os pontos XMIN e YMAX. Para os pontos desse setor o coeficiente angular escolhido é o maior dos m_i tal que $m_i > 0$.

<u>2º setor</u>:

Semi-plano situado acima da reta que liga os pontos YMAX e XMAX Para os pontos do 2º setor, o coeficiente angular escolhido é o maior dos m_i tal que $m_i < 0$.

<u>3º setor</u>:

Semi-plano situado à direita da reta que liga os pontos XMAX e YMIN. Nesse caso é tomado o maior dos m_i tal que $m_i > 0$.

<u>4º setor</u>:

Semi-plano situado abaixo da reta que liga os pontos YMIN e XMIN. Para pontos nesse setor é escolhido o maior do m_i tal que $m_i < 0$.

5.3.2.1.1 Casos particulares

Há casos em que os coeficientes angulares podem assumir valores como zero e infinito, como nos casos de retas paralelas ao eixo dos X' e das paralelas ao eixo dos Y', respectivamente. As soluções adotadas para estes casos em relação a cada setor são:

1- <u>m=0</u>:

- Para o 1º setor nunca será interessante a escolha de um coefi-

ciente angular nulo. Isto se deve ao fato de que nesse caso haverá pelo menos um que satisfaça a condição de ser maior que zero, a menos que se tenha atingido um ponto crítico conveniente.

- Para o 2º setor, se $x'_2 - x'_1 > 0$, então o segmento de reta $\overline{x'_2\, x'_1}$ é considerado como pertencente ao contorno, caso contrário poderia acontecer:

1 - Quebrar o sentido convencionado de varredura dos pontos da figura (sentido horário).

2 - Pegar um ponto já pesquisado, alterando assim a lista de pontos do contorno.

- Para o 3º setor a situação é análoga à do 1º setor.

- Para o 4º setor, se $x'_2 - x'_1 < 0$, segmento de reta $\overline{x'_2\, x'_1}$ é considerado como pertencente ao contorno. Ver ítens 1 e 2 relacionados ao 2º setor.

2 - $m = \infty$:

- Para o 1º setor, se $y'_2 - y'_1 > 0$, o segmento de reta $\overline{y'_2\, y'_1}$ é considerado como componente do contorno da figura, caso contrário poderia acontecer:

1 - Quebrar o sentido convencionado de varredura dos pontos da figura (sentido horário).

2 - Pegar um ponto já pesquisado, o que altera a lista de pontos do contorno.

- Para o 2º setor esse coeficiente angular não é interessante. Sua ocorrência indica que o 3º setor foi alcançado.

- Para o 3º setor, se $y'_2 - Y'_1 < 0$, o segmento de reta $\overline{y'_2\, y'_1}$ é considerado como pertencente ao contorno, caso contrário não. A justificativas são as mesmas apresentadas para o 1º setor.

- Para o 4º setor o motivo da não escolha de $m=\infty$ é análogo ao apresentado para o 2º setor.

Ao término da comparação exaustiva de todos os segmentos de reta que compõem a figura, uma nova fila de pontos é formada. Esta fila contém somente pontos pertencentes ao contorno. Seu objetivo é minimizar o número de acessos à fila de pontos componentes do objeto.

5.3.3 - A BUSCA DOS PONTOS DO 1º NÍVEL

5.3.3.1 - Descrição das variáveis

1 - TABPC:

Vetor 1 x N, onde N é o número de pontos do contorno armazenados.

2 - TABP:

Ponteiro para TABPC .

3 - PONTO:

Ponteiro para o nó que contém o ponto base atual .

4 - SECT:

Ponteiro para o setor atual .

5 - PAL:

Ponteiro para um ponto ligado ao ponto base .

6 - ALFA:

Variável com o objetivo de guardar o coeficiente angular da reta que passa pelos pontos base e de ligação.

7 - ALFMX:

Variável com o objetivo de guardar o maior ALFA.

5.3.3.2 - Procedimento 3

3.1 - Início .

3.2 - PONTO← end [nó XMIN] .

3.3 - Se end [nó YMAX] ≠ end [nó XMIN] , vá a 3.5.c.c. vá em frente.

3.4 - SECT ←1.

3.5 - TABPC [TABP] ← PONTO . TABP← TABP + 1.

3.6 - PAL ←end [próxima ligação de PONTO em PT].

3.7 - Se SECT=0, vá a 3.10, c.c. vá em frente.

3.8 - Se SECT=1, vá a 3.20, c.c. vá em frente.

3.9 - Se SECT=2 vá a 3.30, c.c. vá a 3.39.

3.10 - Se não ocorreu nenhum dos casos especiais, determine ALFA e vá em frente, c.c. vá a 3.47.

3.11 - Se ALFMX não foi determinado em relação ao ponto base atual faça ALFM←ALFA e vá a 3.6. c.c. vá em frente.

3.12 - Se ALFMX < ALFA faça ALFMX← ALFA, c.c. vá em frente.

3.13 - Se já foram pesquisadas todas as ligações de PONTO, vá em frente, c.c. vá a 3.6.

3.14 - Se ALFMX é o coeficiente angular da reta que passa por YMAX vá em frente, c.c. vá a 3.18.

3.15 - SECT ←SECT + 1 .

3.16 - Se ALFMX é o coeficiente angular da reta que passa por XMAX, vá em frente, c.c. vá a 3.18 .

3.17 - SECT ←SECT + 1 .

3.18 - PONTO ←end [nó ALFMX]. Vá a 3.5 .

3.19 - Vá a 3.5 .

3.20 - Se não ocorreu nenhum dos casos especiais, determine ALFA e vá em frente, c.c. vá a 3.47 .

3.21 - Se ALFMX não foi determinado em relação ao ponto base atual,

faça ALFMX←ALFA e vá a 3.6. c.c. vá em frente.

3.22 - Se ALFA > ALFMX, faça ALFMX←ALFA, c.c. vá em frente.

3.23 - Se já foram pesquisadas todas as ligações de PONTO, vá em frente, c.c. vá a 3.6 .

3.24 - Se ALFMX é o coeficiente angular da reta que passa por XMAX vá em frente, c.c. vá a 3.23 .

3.25 - SECT←SECT + 1 .

3.26 - Se ALFMX é o coeficiente angular da reta que passa por YMIN, vá em frente, c.c. vá a 3.28 .

3.27 - SECT←SECT + 1 .

3.28 - PONTO←end[nó ALFMX] .

3.29 - Vá a 3.5 .

3.30 - Se não ocorreu nenhum dos casos especiais, determine ALFA e vá em frente, c.c. vá a 3.47 .

3.31 - Se ALFMX não foi determinado em relação ao ponto base atual, faça ALFMX←ALFA e vá a 3.6, c.c. vá em frente.

3.32 - Se ALFA > ALFMX faça ALFMX←ALFA, c.c. vá em frente .

3.33 - Se já foram pesquisadas todas as ligações de PONTO, vá em frente c.c. vá a 3.6 .

3.34 - Se ALFMX é o coeficiente angular da reta que passa por YMIN vá em frente c.c. vá a 3.38 .

3.35 - SECT←SECT + 1 .

3.36 - Se ALFMX é o coeficiente angular da reta que passa por XMIN faça TABPC [TABP] ←PONTO e vá a 3.46, c.c. siga em frente.

3.37 - PONTO←end[nó ALFMX] .

3.38 - Vá a 3.5 .

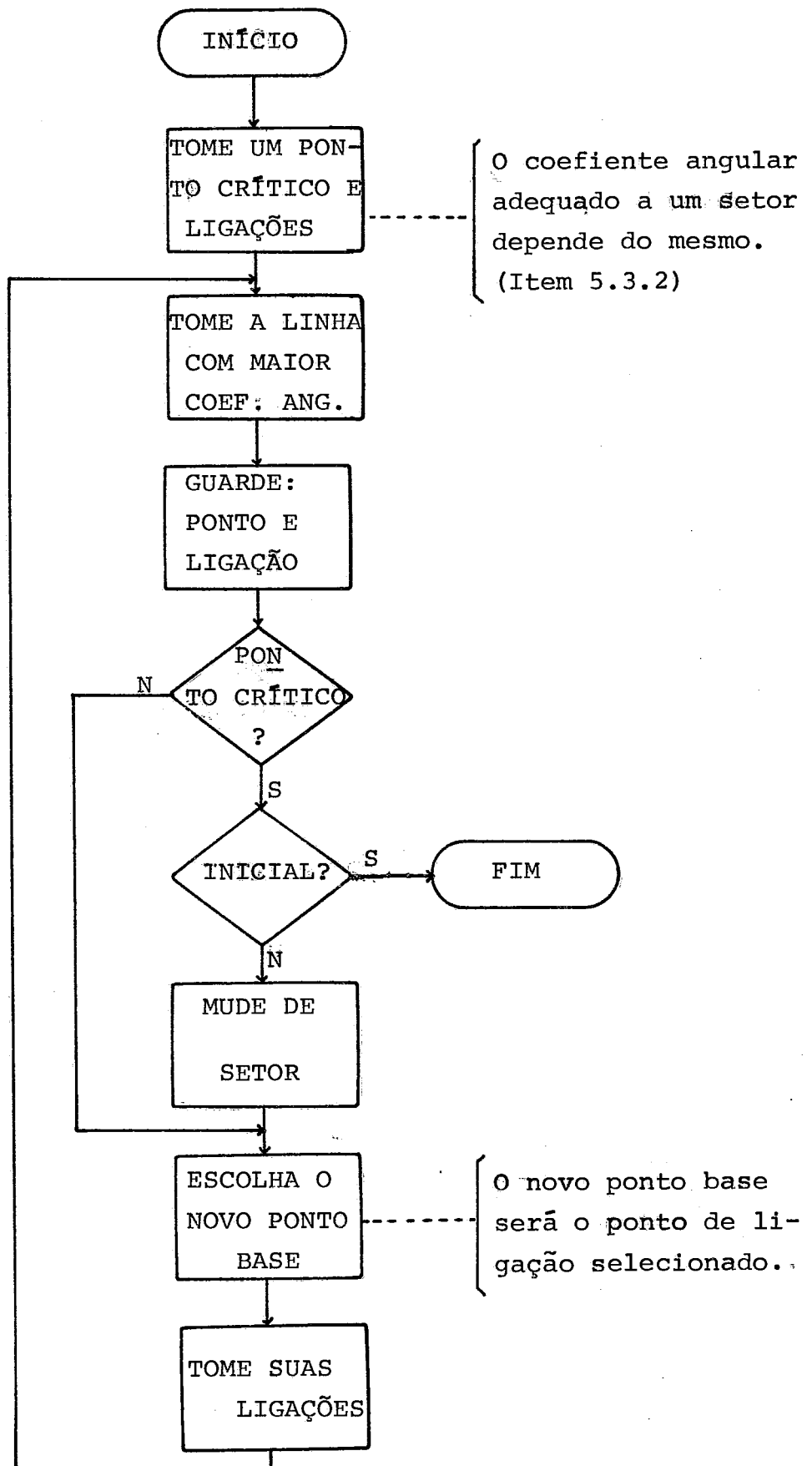
3.39 - Se não ocorreu um dos casos especiais, determine ALFA e vá em

PROCEDIMENTO 3 - DIAGRAMA GERAL

Figura 11

frente, c.c. vá a 3.47.

3.40 - Se ALFMX não foi determinado em relação ao ponto base atual, faça ALFMX←ALFA e vá a 3.6. c.c. vá em frente.

3.41 - Se ALFA > ALFMX, faça ALFMX←ALFA, c.c. vá em frente.

3.42 - Se já foram pesquisadas todas as ligações de PONTO vá em frente c.c. vá a 3.6.

3.43 - Se ALFMX é o coeficiente angular da reta que passa for XMIN vá a 3.46 c.c. vá em frente.

3.44 - PONTO←end[nó ALFMX].

3.45 - Vá a 3.5.

3.46 - FIM.

3.47 - Se é o caso m=∞ vá a 3.50, c.c. vá em frente.

3.48 - PONTO←PAL. Se ocorrer um dos casos de ordenadas especiais válidas vá a 3.5. c.c. vá a 3.6 .

3.49 - Se não for o caso de mudanças de setor vá a 3.5, c.c. vá a 3.52

3.50 - PONTO←PAL Se ocorrer um dos casos de abcissas especiais válidas vá a 3.5, c.c. vá a 3.6.

3.51 - Se não for o caso de uma mudança de setor vá a 3.5, c.c. em frente.

3.52 - SECT←SECT + 1.

3.53 - Vá ao setor especificado por SECT.

O procedimento 3 é ilustrado pela figura 11.

5.4 - O CRITÉRIO DE VISIBILIDADE

Por definição, todos os segmentos de reta que compõem uma figura convexa são interiores a seu contorno ou pertencem a ele.

Um segmento de reta será dito visível se e somente se

contiver, pelo menos, três pontos visíveis. Isso porque nem sempre o segmento que une dois pontos visíveis é visível.

5.5 - OS PONTOS LIGADOS AOS DO CONTORNO-PONTOS DO 2º NÍVEL

5.5.1 - INTRODUÇÃO

A pesquisa das ligações visíveis dos pontos que se conectam aos do contorno de um objeto é feita no espaço tridimensional através das coordenadas X. Os pontos do 2º nível são aqueles considerados visíveis e que se ligam aos do contorno.

5.5.2 - FILOSOFIA DE TRATAMENTO

Através de um plano que passa por três pontos consecutivos do contorno pode-se determinar quais os que se situam na frente e quais os que se situam atrás do mesmo. Os primeiros são considerados visíveis ao passo que os segundos, não.

5.5.3 - O CASO DOS PONTOS EM LINHA RETA

O procedimento 4 se baseia na determinação de planos, tomando por base três pontos consecutivos do contorno da projeção de um objeto sobre o plano X'Y'. A seleção dos pontos não situados sobre o mesmo suporte de reta é feita antes de se executar o procedimento 4 propriamente dito. A ocorrência de três ordenadas iguais ou três abcissas iguais resulta na pesquisa de um novo ponto do contorno da figura, e assim sucessivamente até que se quebre o laço (figura 12).

5.5.4 - A BUSCA DE PONTOS DO 2º NÍVEL

5.5.4.1 - Descrição das variáveis

1 - PPC:

Ponteiro para o 1a. ligação de PPC1. Ponto do contorno.

2 - PPC1:

Ponteiro para um ponto do contorno, o ponto base.

3 - PPC2:

Ponteiro para a 2a. ligação de PPC1. Ponto do contorno.

4 - PPC3:

Ponteiro para o ponto ligado a PPC1 que não pertece ao contorno (em geral).

5 - N:

Contador de pontos sobre um mesmo segmento de reta.

5.5.4.2 - Procedimento 4

4.1 - Início.

4.2 - PPC1←PPC + 1.

4.3 - PPC2←PPC + 2.

4.4 - Se X'[PPC] = PPC1 vá em frente, c.c. vá a 4.8.

4.5 - Se X'[PPC] = PPC2 vá em frente, c.c. vá a 4.10.

4.6 - N←N + 1.

4.7 - PPC2←PPC + 3. Vá a 4.5.

4.8 - Se Y'[PPC]=Y' [PPC1] vá em frente c.c. vá a 4.10.

4.9 - Se Y'[PPC]=Y'[PPC2] vá a 4.6 vá em frente.

4.10 - Procure PPC1 em PT.

4.11 - Pegue a primeira ligação de PPC1 em SEG.

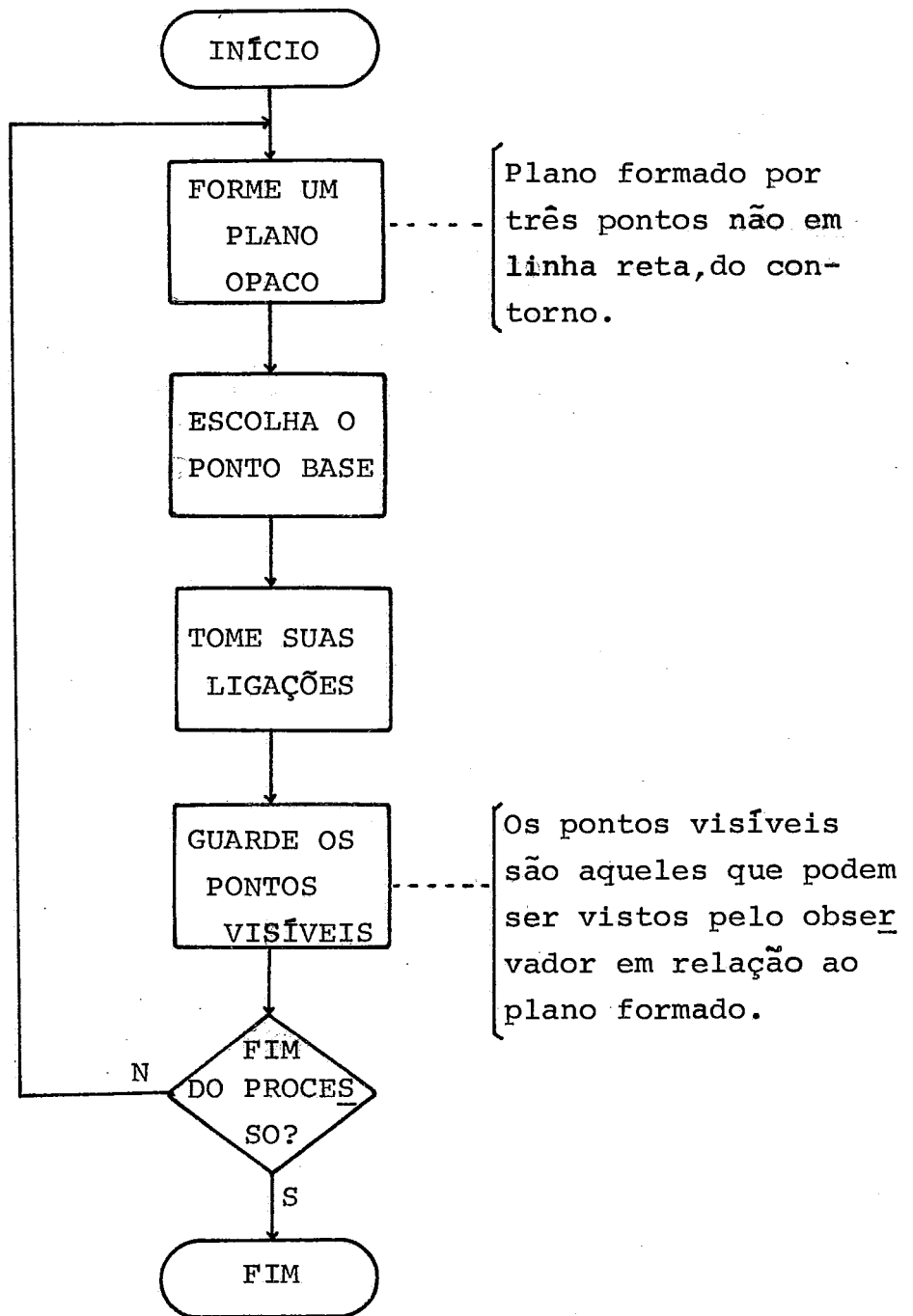
4.12 - Se for o mesmo nó apontado por PPC vá a 4.14, c.c. vá em frente.

PROCEDIMENTO 4 - DIAGRAMA GERAL

Figura 12

4.13 - Se for o mesmo nó apontado por PPC2 vá em frente, c.c. vá a 4.15.

4.14 - Pegue a próxima ligação de PPC1 em SEG e vá a 4.12.

4.15 - Se for zero vá em frente, c.c. vá a 4.22.

4.16 - Se N=0 vá a 4.21, c.c. vá em frente .

4.17 - PPC$\leftarrow$PPC + 1 .

4.18 - PPC1$\leftarrow$PPC + 2.

4.19 - N$\leftarrow$N-1 . Vá a 4.10.

4.20 - Se todos os pontos de TABPC já foram pesquisados vá a 4.26, c.c. vá em frente.

4.21 - PPC$\leftarrow$PPC1.

4.22 - PPC3$\leftarrow$ligações de PPC1.

4.23 - $X_1 \leftarrow$ ponto de projeção de $\overline{PPC\ PPC2} \cap \overline{PPC1\ PPC3}$ sobre X'Y'.

4.24 - Se $X[X_1] \in \overline{PPC\ PPC2} > X[X_1] \in \overline{PPC1\ PPC3}$ vá a 4.27, c.c. vá em frente .

4.25 - $\overline{PPC1\ PPC3}$ é visível. Marque os nós que a representam e vá a 4.20.

4.26 - Fim.

4.27 - Pegue a próxima ligação de PPC1 em SEG e vá a 4.15.

CAPÍTULO 6

PROCEDIMENTOS DE SAÍDA E ROTINAS DE TRANSFORMAÇÃO

6.1 - AS LINHAS VISÍVEIS - PONTOS 3º NÍVEL

A função do procedimento de saída é interpretar as informações captadas pelos procedimentos anteriores, definindo a figura a ser exibida. No caso de CONV, como o processamento dos segmentos de reta têm sido efetuados "de fora para dentro da figura" um dos procedimentos de saída deve se preocupar em "fechar" a projeção da mesma sobre X'Y'. Trata-se da complementação do processo de busca das linhas visíveis e, conseqüentemente, das linhas escondidas que conclue o algoritmo. A decisão sobre a visibilidade ou não dos segmentos de reta, tendo em vista a convexidade do objeto se baseia em duas regras:

1 - O segmento de reta que une dois pontos visíveis (não do contorno) é sempre visível.

2 - O segmento de reta que une dois pontos escondidos é sempre escondido.

As informações básicas sobre a visibilidade dos pontos já foi obtida e armazenada na quarta palavra componente de cada nó de informação (palavra I de trabalho).

O mesmo critério se aplica a todos os segmentos de reta que pertencem às faces do objeto. É considerado visível todo aquele segmento de reta situado sobre uma face visível do objeto(subfigura). O tratamento dispensado a esse nível de pontos é inteiramente dependente dos procedimentos anteriores, resultando na última fase do algoritmo.

6.2 - A BUSCA DAS LINHAS VISÍVEIS

Este procedimento é pequeno e rápido. Sua função é a de completar as palavras I de cada nó. A única variável usada é P, cujo objetivo é o de percorrer a fila de pontos cujo endereço simbólico é A e descobrir os pontos do 3º nível, como mostra o procedimento.

6.2.1 - PROCEDIMENTO 5

5.1 - Início.

5.2 - P←[end primeiro nó de A].

5.3 - Se o ponto referenciado por P é visível vá a 5.6, c.c. vá em frente.

5.4 - P←P + 1 .

5.5 - Se já foram visitados todos os nós de A vá a 5.9, c.c. vá a 5.3.

5.6 - Localize o ponto referenciado por P em PT.

5.7 - Marque convenientemente todas as ligações do ponto apontado por P ..

5.8 - Vá a 5.4 .

5.9 - Fim.

Ao término desta fase, a figura já se encontra completamente definida e o comando é passado ao procedimento o qual se encarregará da exibição da mesma, mediante chamadas convenientes às rotinas que compoem o gerador de imagens do sistema.

6.3 - A INTERPRETAÇÃO DOS CÓDIGOS DE I

Toda utilização do campo I de um nó é feita visando a determinação das linhas escondidas. Contudo,nem todos os bits de I fa-

zem parte do código de visibilidade das linhas que compoem uma figura. É bom ressaltar que os mesmos não ficaram totalmente inaproveitados, ' tendo sido utilizados como bits de trabalho no decorrer das diversas fases de pesquisa dos pontos. Assim sendo, o código estudado pelo procedimento só faz referência aos bits 10,11,12 e 0 e não ao conteúdo total de I como se segue:

1 - Bits 10 e 0 ligados: linha visível com ligações visíveis.

2 - Bits 12 e 0 ligados: linha pertencente ao contorno (visível).

3 - Bits 10 ou 11 ligados: linha inexistente que une dois pontos visíveis e complanares ou linha repetida, segundo definição do usuário.

4 - Bit 0 desligado linha escondida, de acordo com a posição atual do objeto no espaço.

5 - Bits 10,11,12 e 0 desligados linha inexistente ou repetida sobre uma face escondida do sólido.

6.4 - A EXIBIÇÃO DA FIGURA

Um ponteiro semelhante ao usado no procedimento anterior é usado, com o mesmo propósito no procedimento 8, como se segue:

6.4.1 - PROCEDIMENTO 6

6.1 - Início.

6.2 - P←end[primeiro nó de A].

6.3 - Se o nó apontado por P representa um ponto visível, vá a 6.7, c.c. vá em frente.

6.4 - Envie à unidade exibidora as coordenadas x' e y' da nó apontado por P, juntamente com a condição de linha visível.

6.5 - P←P + 1.

6.6 - Se todos os nós de A já foram visitados vá a 6.9, c.c. vá a 6.3.

6.7 - Envie à unidade exibidora as coordenadas x' e y' do nó apontado por P, juntamente com a condição de linha invisível.

6.8 - Vá a 6.5.

6.9 - Fim.

6.5 - ROTINAS DE TRANSFORMAÇÃO

As rotinas de transformação promovem uma visão diferente de um objeto no espaço. Um exemplo dessa facilidade é a rotação em torno de um eixo coordenado. Para cada ponto pertencente ao objeto, novas coordenadas são obtidas a partir das equações (1), (2) e (3).

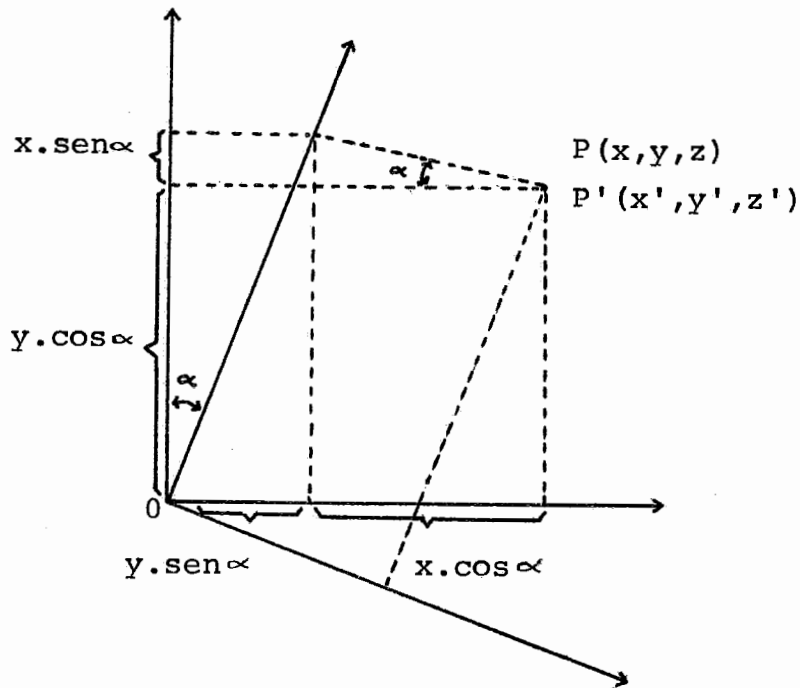
Sejam OX e OY os eixos primitivos, OX' e OY' os novos

ROTAÇÃO DO PLANO XY EM TORNO DO EIXO DOS Z

Figura 13

eixos, α o ângulo segundo o qual os eixos giraram e 0 a origem comum aos dois sistemas, como mostra a figura 10.

As fórmulas de rotação dos eixos segundo um ângulo , são as seguintes:

$$x' = x.\cos\alpha - y.\operatorname{sen}\alpha \quad (1)$$

$$y' = x.\operatorname{sen}\alpha + y.\cos\alpha \quad (2)$$

$$z' = z \quad (3)$$

CONCLUSÃO

Devido a problemas provenientes da configuração mínima de hardware do sistema hospedeiro, o pacote gráfico apresentado neste trabalho tem sérias restrições quanto a ocupação de memória e funcionalidade. O manuseio específico de coordenadas inteiras afeta de modo lamentável as rotinas de transformação, tirando-lhes a natural potencialidade. Contudo, no caso de substituição do osciloscópio por um display gráfico, o programa pode ser facilmente adaptado, bastando que para isso sejam introduzidas pequenas modificação nas rotinas que montam ou manipulam as estruturas de dados. Esse processo não implicará em grandes dificuldades devido à modularidade do programa, o que permite o teste específico de cada uma de suas fases.

Qualquer expansão levada a efeito em nível de hardware manipulador de entradas com a finalidade de tornar o sistema iterativo não afetará o funcionamento do programa, desde que se tenha o cuidado de atualizar a fila de pontos que constituem a cadeia de entrada do usuário.

A aplicação mais importante deste trabalho é didática. Pretendeu-se mostrar um algoritmo simples e geral para a solução do problema das linhas escondidas para o caso de figuras convexas, o que pode servir como base para futuras expansões e melhoramentos do sistema proposto.

APÊNDICE 1

LISTAGEM DOS ALGORITMOS USADOS

- PROCEDIMENTO 1

```
                      00260   ***************************************
                      00261   *                                     *
                      00262   *          MONTAGEM DA ESTRUTURA      *
                      00263   *                                     *
                      00264   ***************************************
0115 01 65000000 00265   ESTRU LDX  L1 A
0117 01 6D000363 00266         STX  L1 LUG1
0119 01 6D000364 00267         STX  L1 LUG2
011B 01 65800364 00268   INIPT LDX  I1 LUG2
011D 0  C100     00269         LD    1 0
011E 01 D400036A 00270         STO  L  ATX
0120 0  C101     00271         LD    1 1
0121 01 D400036B 00272         STO  L  ATY
0123 0  C102     00273         LD    1 2
0124 01 D400036C 00274         STO  L  ATZ
0126 01 6580035B 00275         LDX  I1 LIVPT
0128 01 C4000364 00276         LD   L  LUG2
012A 0  D100     00277         STO   1 0
012B 01 C400035C 00278         LD   L  LISEG
012D 0  D101     00279         STO   1 1
012E 0  7102     00280         MDX   1 2
012F 01 6D00035B 00281         STX  L1 LIVPT
0131 01 C400035C 00282         LD   L  LISEG
0133 01 D4000361 00283         STO  L  FIXSG
0135 01 65800364 00284   BUSCA LDX  I1 LUG2
0137 0  C103     00285         LD    1 3
0138 01 EC00035D 00286         OR   L  OITO
013A 0  D103     00287         STO   1 3
013B 01 C4000364 00288         LD   L  LUG2
013D 01 9400035E 00289         S    L  QUATR
013F 01 D4000365 00290         STO  L  LUG3
0141 01 94000363 00291         S    L  LUG1
0143 01 4C280155 00292         BN      INI
0145 01 C400035F 00293         LD   L  UM
0147 01 D4000366 00294         STO  L  CHAVE
0149 01 4C000391 00295         B    L  OUT
014B 01 6580035C 00296   GF1   LDX  I1 LISEG
014D 01 C4000365 00297         LD   L  LUG3
014F 0  D100     00298         STO   1 0
0150 0  7101     00299         MDX   1 1
0151 01 6D00035C 00300         STX  L1 LISEG
0153 0  1810     00301         SRA     16
0154 0  D100     00302         STO   1 0
0155 01 C4000364 00303   INI   LD   L  LUG2
0157 01 8400035E 00304         A    L  QUATR
0159 01 D4000365 00305         STO  L  LUG3
015B 01 C4000098 00306         LD   L  MARK
015D 01 94000365 00307         S    L  LUG3
015F 01 4C1803CA 00308         BZ      NOVOP
0161 01 C400035D 00309         LD   L  OITO
0163 01 D4000366 00310         STO  L  CHAVE
0165 01 4C000391 00311         B    L  OUT
```

```
0167      0064      00312    PT     BSS   L  100
01CB      0190      00313    SEG    BSS      400
035B 1    0167      00314    LIVPT  DC       PT
035C 1    01CB      00315    LISEG  DC       SEG
035D 0    0008      00316    OITO   DC       8
035E 0    0004      00317    QUATR  DC       4
035F 0    0001      00318    UM     DC       1
0360 0    0000      00319    PRIMP  DC       *-*
0361 0    0000      00320    FIXSG  DC       *-*
0362 0    0000      00321    LUG    DC       *-*
0363 0    0000      00322    LUG1   DC       *-*
0364 0    0000      00323    LUG2   DC       *-*
0365 0    0000      00324    LUG3   DC       *-*
0366 0    0000      00325    CHAVE  DC       *-*
0367 0    0000      00326    ATX0   DC       *-*
0368 0    0000      00327    ATY0   DC       *-*
0369 0    0000      00328    ATZ0   DC       *-*
036A 0    0000      00329    ATX    DC       *-*
036B 0    0000      00330    ATY    DC       *-*
036C 0    0000      00331    ATZ    DC       *-*
036D 01   6580035C  00332    GF2    LDX   I1 LISEG
036F 0    C0F5      00333           LD       LUG3
0370 0    D100      00334           STO    1 0
0371 0    7101      00335           MDX    1 1
0372 0    1810      00336           SRA      16
0373 0    D100      00337           STO    1 0
0374 01   C4000098  00338           LD    L  MARK
0376 0    D101      00339           STO    1 1
0377 0    69E4      00340           STX    1 LISEG
0378 0    C0EC      00341    MAIS1  LD       LUG3
0379 0    80E4      00342           A        QUATR
037A 0    D0E9      00343           STO      LUG2
037B 0    D0E9      00344           STO      LUG3
037C 01   C4000098  00345           LD    L  MARK
037E 0    90E5      00346           S        LUG2
037F 01   4C1803CA  00347           BZ       NOVOP
0381 01   65800364  00348           LDX   I1 LUG2
0383 0    C100      00349           LD     1 0
0384 0    90E5      00350           S        ATX
0385 01   4C200378  00351           BNZ      MAIS1
0387 0    C101      00352           LD     1 1
0388 0    90E2      00353           S        ATY
0389 01   4C200378  00354           BNZ      MAIS1
038B 0    C102      00355           LD     1 2
038C 0    90DF      00356           S        ATZ
038D 01   4C200378  00357           BNZ      MAIS1
038F 01   4C000135  00358           B     L  BUSCA
0391 01   65800365  00359    OUT    LDX   I1 LUG3
0393 0    C100      00360           LD     1 0
0394 0    D0D2      00361           STO      ATX0
0395 0    C101      00362           LD     1 1
0396 0    D0D1      00363           STO      ATY0
0397 0    C102      00364           LD     1 2
0398 0    D0D0      00365           STO      ATZ0
0399 01   65800361  00366           LDX   I1 FIXSG
039B 0    C100      00367    OUTRO  LD     1 0
```

```
039C 01 4C180384 00368              BZ          OUTR
039E 0  D0C3     00369              STO         LUG
039F 01 C4800362 00370              LD     I    LUG
03A1 0  90C5     00371              S           ATX0
03A2 01 4C20038D 00372.             BNZ         PEGN
03A4 0  C0BD     00373              LD          LUG
03A5 0  80B9     00374              A           UM
03A6 0  D0BB     00375              STO         LUG
03A7 01 C4800362 00376              LD     I    LUG
03A9 0  90BE     00377              S           ATY0
03AA 01 4C20038D 00378              BNZ         PEGN
03AC 0  C0B5     00379              LD          LUG
03AD 0  80B1     00380              A           UM
03AE 0  D0B3     00381              STO         LUG
03AF 01 C4800362 00382              LD     I    LUG
03B1 0  90B7     00383              S           ATZ0
03B2 01 4C20038D 00384              BNZ         PEGN
03B4 0  C0B1     00385       OUTR   LD          CHAVE
03B5 0  F0A9     00386              EOR         UM
03B6 01 4C180155 00387              BZ     L    INI
03B8 0  C0AD     00388              LD          CHAVE
03B9 0  1803     00389              SRA         3
03BA 0  F0A4     00390              EOR         UM
03BB 01 4C180378 00391              BZ     L    MAIS1
03BD 0  7101     00392       PEGN   MDX     1   1
03BE 0  C100     00393              LD      1   0
03BF 01 4C20039B 00394              BNZ         OUTRO
03C1 0  C0A4     00395              LD          CHAVE
03C2 0  F09C     00396              EOR         UM
03C3 01 4C18014B 00397              BZ          GF1
03C5 0  C0A0     00398              LD          CHAVE
03C6 0  1803     00399              SRA         3
03C7 0  F097     00400              EOR         UM
03C8 01 4C18036D 00401              BZ          GF2
03CA 01 65000000 00402       NOVOP  LDX    L1   A
03CC 0  6997     00403       NOVO   STX     1   LUG2
03CD 0  C103     00404              LD      1   3
03CE 0  1803     00405              SRA         3
03CF 0  F08F     00406              EOR         UM
03D0 01 4C2003D9 00407              BNZ         ATUA
03D2 0  7104     00408              MDX     1   4
03D3 0  C100     00409              LD      1   0
03D4 01 94000098 00410              S      L    MARK
03D6 01 4C1803E0 00411              BZ          FIM
03D8 0  70F3     00412              B           NOVO
03D9 01 6580035C 00413       ATUA   LDX    I1   LISEG
03DB 0  7101     00414              MDX     1   1
03DC 01 6D00035C 00415              STX    L1   LISEG
03DE 01 4C00011B 00416              B      L    INIPT
03E0 01 6580035B 00417       FIM    LDX    I1   LIVPT
03E2 01 C4000098 00418              LD     L    MARK
03E4 0  D100     00419              STO     1   0
```

- PROCEDIMENTO 2

```
0099 0  0000     00154    XMIN  DC        *-*
009A 0  0000     00155    YMIN  DC        *-*
009B 0  0000     00156    YMAX  DC        *-*
009C 0  0000     00157    XMAX  DC        *-*
009D 0  0000     00158    PONTM DC        *-*
                 00159    ***************************************
                 00160    *                                     *
                 00161    *      CALCULO DAS COORDENADAS MAXIMAS *
                 00162    *                                     *
                 00163    ***************************************
009E 01 65000000 00164    INIC  LDX  L1 A
00A0 0  7101     00165          MDX   1 1
00A1 0  69FA     00166          STX   1 XMAX
00A2 0  69F6     00167          STX   1 XMIN
00A3 0  7101     00168          MDX   1 1
00A4 0  69F6     00169          STX   1 YMAX
00A5 0  69F4     00170          STX   1 YMIN
00A6 0  7102     00171    CORPO MDX   1 2
00A7 0  C100     00172          LD    1 0
00A8 01 94000098 00173          S    L  MARK
00AA 01 4C2000AE 00174          BNZ     LOOP
00AC 01 4C000008 00175          B    L  LU
00AE 0  7101     00176    LOOP  MDX   1 1
00AF 0  C100     00177          LD    1 0
00B0 0  D024     00178          STO     LUGAR
00B1 01 C480009C 00179          LD   I  XMAX
00B3 0  9021     00180          S       LUGAR
00B4 01 4C1000B8 00181          BSC  L  AQUI,-
00B6 0  69E5     00182          STX   1 XMAX
00B7 0  7008     00183          B       TESTE
00B8 0  C100     00184    AQUI  LD    1 0
00B9 0  D01B     00185          STO     LUGAR
00BA 01 C4800099 00186          LD   I  XMIN
00BC 0  9018     00187          S       LUGAR
00BD 01 4C0800C0 00188          BSC  L  TESTE,+
00BF 0  69D9     00189          STX   1 XMIN
00C0 0  7101     00190    TESTE MDX   1 1
00C1 0  C100     00191          LD    1 0
00C2 0  D012     00192          STO     LUGAR
00C3 01 C480009B 00193          LD   I  YMAX
00C5 0  900F     00194          S       LUGAR
00C6 01 4C1000CA 00195          BSC  L  DAQUI,-
00C8 0  69D2     00196          STX   1 YMAX
00C9 0  70DC     00197          B       CORPO
00CA 0  C100     00198    DAQUI LD    1 0
00CB 0  D009     00199          STO     LUGAR
00CC 01 C480009A 00200          LD   I  YMIN
00CE 0  9006     00201          S       LUGAR
00CF 01 4C0800A6 00202          BSC  L  CORPO,+
00D1 0  69C8     00203          STX   1 YMIN
00D2 0  70D3     00204          B       CORPO
```

```
00D3 0   0000      00210    VAGA  DC        *-*
00D4 0   0000      00211    AREA  DC        0
00D5 0   0000      00212    LUGAR DC        *-*
00D6 0   0000      00213    LUGAY DC        0
00D7 0   0000      00214    VAGAY DC        0
00D8 01  65800099  00215    LU    LDX   I1  XMIN
00DA 0   C100      00216          LD     1  0
00DB 0   D0F9      00217          STO       LUGAR
00DC 01  6580009C  00218          LDX   I1  XMAX
00DE 0   C100      00219          LD     1  0
00DF 0   D0F3      00220          STO       VAGA
00E0 01  6580009A  00221          LDX   I1  YMIN
00E2 0   69F3      00222          STX    1  LUGAY
00E3 01  6580009B  00223          LDX   I1  YMAX
00E5 0   69F1      00224          STX    1  VAGAY
00E6 01  65000000  00225          LDX   L1  A
00E8 0   7101      00226          MDX    1  1
00E9 0   C100      00227    VOLTX LD     1  0
00EA 0   90EA      00228          S         LUGAR
00EB 01  4C1800F1  00229          BZ        MARCX
00ED 0   C100      00230          LD     1  0
00EE 0   90E4      00231          S         VAGA
00EF 01  4C2000FA  00232          BNZ       VOLTY
00F1 0   C102      00233    MARCX LD     1  2
00F2 0   1802      00234          SRA       2
00F3 01  4C20010C  00235          BNZ       NOVOX
00F5 0   C102      00236          LD     1  2
00F6 01  EC00035E  00237          OR    L   QUATR
00F8 0   D102      00238          STO    1  2
00F9 0   7012      00239          B         NOVOX
00FA 0   C101      00240    VOLTY LD     1  1
00FB 01  948000D6  00241          S     I   LUGAY
00FD 01  4C180104  00242          BZ        MARCY
00FF 0   C101      00243          LD     1  1
0100 01  948000D7  00244          S     I   VAGAY
0102 01  4C20010C  00245          BNZ       NOVOX
0104 0   C102      00246    MARCY LD     1  2
0105 0   1802      00247          SRA       2
0106 01  4C20010C  00248          BNZ       NOVOX
0108 0   C102      00249          LD     1  2
0109 01  EC00035E  00250          OR    L   QUATR
010B 0   D102      00251          STO    1  2
010C 0   7103      00252    NOVOX MDX    1  3
010D 0   69C6      00253          STX    1  AREA
010E 01  C4000098  00254          LD    L   MARK
0110 0   90C3      00255          S         AREA
0111 01  4C180115  00256          BZ        ESTRU
0113 0   7101      00257          MDX    1  1
0114 0   70D4      00258          B         VOLTX
                   00259    *
```

- PROCEDIMENTO 3

```
                        00420  *****************************************
                        00421  *                                       *
                        00422  *     CALCULO DOS PONTOS DO CONTORNO    *
                        00423  *                                       *
                        00424  *****************************************
03E5 01 65800099        00425        LDX   I1 XMIN
03E7 0  71FF            00426        MDX    1 -1
03E8 01 6D00050E        00427        STX   L1 PONTO
03EA 0  C102            00428        LD     1 2
03EB 01 9480009B        00429        S     I  YMAX
03ED 01 4C2003F1        00430        BNZ      AD42
                        00431  *
                        00432  * XMIN E XMAX ESTAO NO MESMO NO
                        00433  *
03EF 01 7401051B        00434        MDM   L  SECT,1
                        00435  *
                        00436  * XMIN E O PONTO INICIAL(VAI PARA A TABELA)
                        00437  *
03F1 01 C400050E        00438  AD42  LD    L  PONTO
03F3 01 4C000497        00439        B     L  AD41
                        00440  *
                        00441  * INICIALIZACAO  PONTO BASE = PONTO
                        00442  *
03F5 01 C40004A4        00443  AD4   LD    L  ZERO
03F7 01 D4000524        00444        STO   L  MARC
03F9 01 D40004A5        00445        STO   L  PFIM
03FB 01 6580050E        00446        LDX   I1 PONTO
03FD 0  C101            00447        LD     1 1
03FE 01 D4000511        00448        STO   L  XP
0400 0  C102            00449        LD     1 2
0401 01 D4000512        00450        STO   L  YP
0403 0  C100            00451        LD     1 0
0404 01 D4000510        00452        STO   L  XYP
                        00453  *
                        00454  * BUSCA DE PONTO NA ESTRUTURA  TABELA PT
                        00455  *
0406 01 658004A7        00456        LDX   I1 PONTA
0408 01 6D00050F        00457  LOOP1 STX   L1 TEMP3
040A 01 C480050F        00458        LD    I  TEMP3
040C 01 D4000362        00459        STO   L  LUG
040E 01 C4800362        00460        LD    I  LUG
0410 01 94000510        00461        S     L  XYP
0412 01 4C200430        00462        BNZ      PPT
0414 01 C4000362        00463        LD    L  LUG
0416 01 8400035F        00464        A     L  UM
0418 01 D4000362        00465        STO   L  LUG
041A 01 C4800362        00466        LD    I  LUG
041C 01 94000511        00467        S     L  XP
041E 01 4C200430        00468        BNZ      PPT
0420 01 C4000362        00469        LD    L  LUG
0422 01 8400035F        00470        A     L  UM
0424 01 D4000362        00471        STO   L  LUG
```

```
0426 01 C4800362 00472          LD    I  LUG
0428 01 94000512 00473          S     L  YP
042A 01 4C200430 00474          BNZ      PPT
042C 0  C101     00475   PEMPT  LD     1 1
042D 01 D400035C 00476          STO   L  LISEG
042F 0  7002     00477          B        AD11
0430 0  7102     00478   PPT    MDX    1 2
0431 0  70D6     00479          B        LOOP1
                 00480   *
                 00481   * INICIALIZACAO DO PONTO LIGADO   PAL
                 00482   *
0432 01 C480035C 00483   AD11   LD    I  LISEG
0434 01 D400050F 00484          STO   L  TEMP3
0436 01 6580050F 00485          LDX   I1 TEMP3
0438 0  C101     00486          LD     1 1
0439 01 D4000513 00487          STO   L  XPL
043B 0  C102     00488          LD     1 2
043C 01 D4000514 00489          STO   L  YPL
043E 01 6D000515 00490          STX   L1 PAL
                 00491   *
                 00492   * VERIFICACAO DOS VETORES EM SENTIDOS
                 00493   *                            CONVENIENTES
0440 01 C400051B 00494          LD    L  SECT
0442 01 4C20044B 00495          BNZ      T1
0444 01 C4000513 00496          LD    L  XPL
0446 01 94000511 00497          S     L  XP
0448 01 4C10046B 00498          BSC   L  OK,-
044A 0  702D     00499          B        T00
044B 01 F400035F 00500   T1     EOR   L  UM
044D 01 4C200457 00501          BNZ      T2
044F 01 C4000514 00502          LD    L  YPL
0451 01 94000512 00503          S     L  YP
0453 01 4C08046B 00504          BSC   L  OK,+
0455 01 4C000597 00505          B     L  T11
0457 01 C400051B 00506   T2     LD    L  SECT
0459 01 F400050C 00507          EOR   L  DOIS
045B 01 4C200465 00508          BNZ      T3
045D 01 C4000513 00509          LD    L  XPL
045F 01 94000511 00510          S     L  XP
0461 01 4C08046B 00511          BSC   L  OK,+
0463 01 4C0005BC 00512          B     L  T22
0465 01 C4000514 00513   T3     LD    L  YPL
0467 01 94000512 00514          S     L  YP
0469 01 4C2805F0 00515          BSC   L  T33,+Z
046B 01 C400051B 00516   OK     LD    L  SECT
046D 01 8400051C 00517          A     L  TPRAD
046F 0  D001     00518          STO      *+1
0470 00 4C800000 00519          BSC   I  *-*
                 00520   *
                 00521   * TESTES PARA O PRIMEIRO SETOR
                 00522   *
0472 01 4400060A 00523   PRS0   BSI   L  CALAL
0474 01 C40004A5 00524          LD    L  PFIM
0476 01 4C200482 00525          BNZ      PRS01
0478 01 6580035C 00526   T00    LDX   I1 LISEG
047A 0  7101     00527          MDX    1 1
```

```
047B 01 6D00035C 00528            STX  L1 LISEG
047D 0  C100     00529            LD    1 0
047E 01 D4000524 00530            STO  L  MARC
0480 01 4C200432 00531            BNZ     AD11
0482 01 65800518 00532      PRS01 LDX  I1 PALMX
0484 0  C01F     00533            LD      ZERO
0485 0  D01F     00534            STO     PFIM
0486 0  C102     00535            LD    1 2
0487 01 9480009B 00536            S    I  YMAX
0489 01 4C200494 00537            BNZ     AD12
048B 01 7401051B 00538            MDM  L  SECT,1
048D 0  C101     00539            LD    1 1
048E 01 9480009C 00540            S    I  XMAX
0490 01 4C200494 00541            BNZ     AD12
0492 01 7401051B 00542            MDM  L  SECT,1
0494 01 C4000518 00543      AD12  LD   L  PALMX
0496 0  D077     00544            STO     PONTO
0497 01 D48004A6 00545      AD41  STO  I  TABP
0499 01 658004A6 00546            LDX  I1 TABP
049B 0  7101     00547            MDX   1 1
049C 01 6D0004A6 00548            STX  L1 TABP
049E 01 C40004A5 00549            LD   L  PFIM
04A0 01 4C1803F5 00550            BZ      AD4
04A2 01 4C80060A 00551            BSC  I  CALAL
                 00552      *
                 00553      * DEFINICAO DE AREAS E CONSTANTES
                 00554      *
04A4 0  0000     00555      ZERO  DC      0
04A5 0  0000     00556      PFIM  DC      *-*
04A6 1  04A8     00557      TABP  DC      TABPC
04A7 1  0167     00558      PONTA DC      PT
04A8    0064     00559      TABPC BSS     100
050C 0  0002     00560      DOIS  DC      2
050D 0  0006     00561      SEIS  DC      6
050E 0  0000     00562      PONTO DC      *-*
050F 0  0000     00563      TEMP3 DC      0
0510 0  0000     00564      XYP   DC      *-*
0511 0  0000     00565      XP    DC      *-*
0512 0  0000     00566      YP    DC      *-*
0513 0  0000     00567      XPL   DC      *-*
0514 0  0000     00568      YPL   DC      *-*
0515 0  0000     00569      PAL   DC      *-*
0516 0  0000     00570      ALFA  DC      *-*
0517 0  0000     00571      RESTO DC      *-*
0518 0  0000     00572      PALMX DC      *-*
0519 0  0000     00573      ALFMX DC      *-*
051A 0  0000     00574      RESMX DC      *-*
051B 0  0000     00575      SECT  DC      *-*
051C 1  051D     00576      TPRAD DC      TPR
051D 1  0472     00577      TPR   DC      PRS0
051E 1  0591     00578            DC      PRS1
051F 1  05B7     00579            DC      PRS2
0520 1  05EB     00580            DC      PRS3
0521 0  0000     00581      TEMP4 DC      *-*
0522 0  0000     00582      RESTA DC      0
0523 0  0000     00583      RSTAM DC      0
```

```
0524 0  0000     00584    MARC   DC        0
                 00585    *
                 00586    * CASO DO ALFA POSITIVO
                 00587    *
0525 0  COFE     00588    PULO   LD        MARC
0526 01 4C180583 00589           BZ    L   TROCA
0528 01 C4000516 00590           LD    L   ALFA
052A 01 4C28054C 00591           BN        NOVTE
052C 0  COEE     00592           LD        SECT
052D 01 4C200534 00593           BNZ       N1
052F 0  COE9     00594           LD        ALFMX
0530 01 4C10056D 00595           BSC   L   CALC,-
0532 01 4C80060A 00596           B     I   CALAL
0534 01 F400035F 00597    N1     EOR   L   UM
0536 01 4C20053E 00598           BNZ       N3
0538 01 C4000519 00599           LD    L   ALFMX
053A 01 4C10056D 00600           BSC   L   CALC,-
053C 01 4C80060A 00601           BSC   I   CALAL
053E 01 C400051B 00602    N3     LD    L   SECT
0540 0  FOCB     00603           EOR       DOIS
0541 01 4C200547 00604           BNZ       N4
0543 0  COD5     00605           LD        ALFMX
0544 01 4C10056D 00606           BSC   L   CALC,-
0546 0  703C     00607           B         TROCA
0547 0  COD1     00608    N4     LD        ALFMX
0548 01 4C10056D 00609           BSC   L   CALC,-
054A 01 4C80060A 00610           B     I   CALAL
                 00611    *
                 00612    * CASO DO ALFA NEGATIVO
                 00613    *
054C 0  COCE     00614    NOVTE  LD        SECT
054D 01 4C200554 00615           BNZ       N5
054F 0  COC9     00616           LD        ALFMX
0550 01 4C28056D 00617           BN        CALC
0552 01 4C80060A 00618           B     I   CALAL
0554 01 F400035F 00619    N5     EOR   L   UM
0556 01 4C20055D 00620           BNZ       N6
0558 01 C4000519 00621           LD    L   ALFMX
055A 01 4C28056D 00622           BN        CALC
055C 0  7026     00623           B         TROCA
055D 01 C400051B 00624    N6     LD    L   SECT
055F 0  FOAC     00625           EOR       DOIS
0560 01 4C200568 00626           BNZ       N10
0562 01 C4000519 00627           LD    L   ALFMX
0564 01 4C28056D 00628           BN        CALC
0566 01 4C80060A 00629           B     I   CALAL
0568 01 C4000519 00630    N10    LD    L   ALFMX
056A 01 4C28056D 00631           BN        CALC
056C 0  7016     00632           B         TROCA
                 00633    *
                 00634    * ESCOLHA DO ANGULO CONVENIENTE
                 00635    *
056D 0  COA8     00636    CALC   LD        ALFA
056E 0  90AA     00637           S         ALFMX
056F 01 4C100573 00638           BNN       *+2
0571 01 4C80060A 00639           B     I   CALAL
```

```
0573 01 4C200583 00640             BNZ      TROCA
0575 0  C0A1     00641             LD       RESTO
0576 0  90A3     00642             S        RESMX
0577 01 4C18057D 00643             BZ       CALC1
0579 01 4C100583 00644             BSC   L  TROCA,-
057B 01 4C80060A 00645             B     I  CALAL
057D 0  C0A4     00646       CALC1 LD       RESTA
057E 0  90A4     00647             S        RSTAM
057F 01 4C100583 00648             BSC   L  TROCA,-
0581 01 4C80060A 00649             B     I  CALAL
                 00650       *
                 00651       * MUDANCA DE REFERENCIAS AO ALFA MAXIMO
                 00652       *
0583 0  C092     00653       TROCA LD       ALFA
0584 0  D094     00654             STO      ALFMX
0585 0  C091     00655             LD       RESTO
0586 0  D093     00656             STO      RESMX
0587 0  C08D     00657             LD       PAL
0588 0  D08F     00658             STO      PALMX
0589 0  C098     00659             LD       RESTA
058A 0  D098     00660             STO      RSTAM
058B 01 C400035F 00661             LD    L  UM
058D 01 D4000524 00662             STO   L  MARC
058F 01 4C80060A 00663             BSC   I  CALAL
                 00664       *
                 00665       * TESTES PARA O SEGUNDO SETOR
                 00666       *
0591 01 4400060A 00667       PRS1  BSI   L  CALAL
0593 01 C40004A5 00668             LD    L  PFIM
0595 01 4C2005A1 00669             BNZ      PRS02
0597 01 6580035C 00670       T11   LDX   I1 LISEG
0599 0  7101     00671             MDX    1 1
059A 01 6D00035C 00672             STX   L1 LISEG
059C 0  C100     00673             LD     1 0
059D 01 D4000524 00674             STO   L  MARC
059F 01 4C200432 00675             BNZ      AD11
05A1 01 65800518 00676       PRS02 LDX   I1 PALMX
05A3 01 C40004A4 00677             LD    L  ZERO
05A5 01 D40004A5 00678             STO   L  PFIM
05A7 0  C101     00679             LD     1 1
05A8 01 9480009C 00680             S     I  XMAX
05AA 01 4C200494 00681             BNZ   L  AD12
05AC 01 7401051B 00682             MDM   L  SECT,1
05AE 0  C102     00683             LD     1 2
05AF 01 9480009A 00684             S     I  YMIN
05B1 01 4C200494 00685             BNZ   L  AD12
05B3 01 7401051B 00686             MDM   L  SECT,1
05B5 01 4C000494 00687             B     L  AD12
                 00688       *
                 00689       *  TESTES PARA O TERCEIRO SETOR
                 00690       *
05B7 0  4052     00691       PRS2  BSI      CALAL
05B8 01 C40004A5 00692             LD    L  PFIM
05BA 01 4C2005C6 00693             BNZ      PRS03
05BC 01 6580035C 00694       T22   LDX   I1 LISEG
05BE 0  7101     00695             MDX    1 1
```

```
05BF 01 6D00035C 00696             STX  L1 LISEG
05C1 0  C100     00697             LD     1 0
05C2 01 D4000524 00698             STO  L   MARC
05C4 01 4C200432 00699             BNZ      AD11
05C6 01 65800518 00700      PRS03  LDX  I1 PALMX
05C8 01 C40004A4 00701             LD   L   ZERO
05CA 01 D40004A5 00702             STO  L   PFIM
05CC 0  C102     00703             LD     1 2
05CD 01 9480009A 00704             S    I   YMIN
05CF 01 4C200494 00705             BNZ  L   AD12
05D1 01 7401051B 00706             MDM  L   SECT,1
05D3 0  C101     00707             LD     1 1
05D4 01 94800099 00708             S    I   XMIN
05D6 01 4C200494 00709             BNZ  L   AD12
05D8 01 C4000515 00710             LD   L   PAL
05DA 01 D48004A6 00711             STO  I   TABP
05DC 01 650004A8 00712      SAID   LDX  L1 TABPC
05DE 01 6D0006DA 00713             STX  L1 TAPC
05E0 0  C101     00714             LD     1 1
05E1 0  D008     00715             STO      MINX
05E2 01 658004A6 00716             LDX  I1 TABP
05E4 0  C005     00717             LD       MINX
05E5 0  D101     00718             STO    1 1
05E6 0  1810     00719             SRA      16
05E7 0  D102     00720             STO    1 2
05E8 01 4C0006B0 00721             B    L   PROXO
05EA 0  0000     00722      MINX   DC       *-*
                 00723      *
                 00724      * TESTES PARA O QUARTO SETOR
                 00725      *
05EB 0  401E     00726      PRS3   BSI      CALAL
05EC 01 C40004A5 00727             LD   L   PFIM
05EE 01 4C2005FA 00728             BNZ      PRS04
05F0 01 6580035C 00729      T33    LDX  I1 LISEG
05F2 0  7101     00730             MDX    1 1
05F3 01 6D00035C 00731             STX  L1 LISEG
05F5 0  C100     00732             LD     1 0
05F6 01 D4000524 00733             STO  L   MARC
05F8 01 4C200432 00734             BNZ      AD11
05FA 01 65800518 00735      PRS04  LDX  I1 PALMX
05FC 01 C40004A4 00736             LD   L   ZERO
05FE 01 D40004A5 00737             STO  L   PFIM
0600 0  C101     00738             LD     1 1
0601 01 94800099 00739             S    I   XMIN
0603 01 4C200494 00740             BNZ  L   AD12
0605 01 C4000518 00741             LD   L   PALMX
0607 01 D48004A6 00742             STO  I   TABP
0609 0  70D2     00743             B        SAID
                 00744      *
                 00745      * CALCULO DO COEFICIENTE ANGULAR
                 00746      *
060A 0  0000     00747      CALAL  DC       *-*
060B 01 C4000513 00748             LD   L   XPL
060D 01 94000511 00749             S    L   XP
060F 01 4C180672 00750             BZ       XZERO
0611 01 D4000521 00751             STO  L   TEMP4
```

```
0613 01 C4000514 00752              LD    L  YPL
0615 01 94000512 00753              S     L  YP
0617 01 4C180634 00754              BZ       YZERO
0619 0  1890     00755              SRT      16
061A 01 AC000521 00756              D     L  TEMP4
061C 01 D4000516 00757              STO   L  ALFA
061E 0  1090     00758              SLT      16
061F 0  A012     00759              M        DEZ1
0620 0  1810     00760              SRA      16
0621 01 AC000521 00761              D     L  TEMP4
0623 0  1001     00762              SLA      1
0624 0  1801     00763              SRA      1
0625 01 D4000517 00764              STO   L  RESTO
0627 0  1090     00765              SLT      16
0628 0  A009     00766              M        DEZ1
0629 0  1810     00767              SRA      16
062A 01 AC000521 00768              D     L  TEMP4
062C 0  1001     00769              SLA      1
062D 0  1801     00770              SRA      1
062E 01 D4000522 00771              STO   L  RESTA
0630 01 4C000525 00772              B     L  PULO
0632 0  000A     00773        DEZ1  DC       10
0633 0  FFFF     00774        NEG1  DC       -1
                 00775        *
                 00776        * CASO DAS ORDENADAS CUJA DIFERENCA E ZERO
                 00777        *
0634 01 C480035C 00778        YZERO LD    I  LISEG
0636 01 D400050F 00779              STO   L  TEMP3
0638 01 6580050F 00780              LDX   I1 TEMP3
063A 01 6D0004A5 00781              STX   L1 PFIM
063C 01 C400051B 00782              LD    L  SECT
063E 01 4C200645 00783              BNZ      YPROC
0640 0  1810     00784              SRA      16
0641 01 D40004A5 00785              STO   L  PFIM
0643 01 4C000478 00786              B     L  T00
0645 01 C400051B 00787        YPROC LD    L  SECT
0647 01 F400035F 00788              EOR   L  UM
0649 01 4C20065C 00789              BNZ      PROCY
064B 01 C4000513 00790              LD    L  XPL
064D 01 94000511 00791              S     L  XP
064F 01 4C300656 00792              BP       *+5
0651 0  1810     00793              SRA      16
0652 01 D40004A5 00794              STO   L  PFIM
0654 01 4C000597 00795              B     L  T11
0656 01 C4000515 00796        YPR   LD    L  PAL
0658 01 D4000518 00797              STO   L  PALMX
065A 01 4C80060A 00798              B     I  CALAL
065C 01 C400051B 00799        PROCY LD    L  SECT
065E 01 F400050C 00800              EOR   L  DOIS
0660 01 4C200667 00801              BNZ      PRY
0662 0  1810     00802              SRA      16
0663 01 D40004A5 00803              STO   L  PFIM
0665 01 4C0005BC 00804              B     L  T22
0667 01 C4000513 00805        PRY   LD    L  XPL
0669 01 94000511 00806              S     L  XP
066B 01 4C280656 00807              BN       YPR
```

```
066D 0  1810     00808             SRA      16
066E 01 D40004A5 00809             STO  L   PFIM
0670 01 4C0005F0 00810             B    L   T33
                 00811       *
                 00812       * CASO DAS ABCISSAS CUJA DIFERENCA E ZERO
                 00813       *
0672 01 C480035C 00814       XZERO LD   I   LISEG
0674 01 D40004A5 00815             STO  L   PFIM
0676 01 D400050F 00816             STO  L   TEMP3
0678 01 6580050F 00817             LDX  I1  TEMP3
067A 01 C400051B 00818             LD   L   SECT
067C 01 4C20068F 00819             BNZ      PROC
067E 01 C4000514 00820             LD   L   YPL
0680 01 94000512 00821             S    L   YP
0682 01 4C300689 00822             BP       *+5
0684 0  1810     00823             SRA      16
0685 01 D40004A5 00824             STO  L   PFIM
0687 01 4C000478 00825             B    L   T00
0689 01 C4000515 00826       PRO   LD   L   PAL
068B 01 D4000518 00827             STO  L   PALMX
068D 01 4C80060A 00828             B    I   CALAL
068F 01 C400051B 00829       PROC  LD   L   SECT
0691 01 F400035F 00830             EOR  L   UM
0693 01 4C20069A 00831             BNZ      PROC2
0695 0  1810     00832             SRA      16
0696 01 D40004A5 00833             STO  L   PFIM
0698 01 4C000597 00834             B    L   T11
069A 01 C400051B 00835       PROC2 LD   L   SECT
069C 01 F400050C 00836             EOR  L   DOIS
069E 01 4C2006AB 00837             BNZ      PROC4
06A0 01 C4000514 00838             LD   L   YPL
06A2 01 94000512 00839             S    L   YP
06A4 01 4C280689 00840             BN       PRO
06A6 0  1810     00841             SRA      16
06A7 01 D40004A5 00842             STO  L   PFIM
06A9 01 4C0005BC 00843             B    L   T22
06AB 0  1810     00844       PROC4 SRA      16
06AC 01 D40004A5 00845             STO  L   PFIM
06AE 01 4C0005F0 00846             B    L   T33
06B0 01 C48006DA 00852       PROXO LD   I   TAPC
06B2 01 4C1806DF 00853             BZ       LIGA
06B4 0  D029     00854             STO      AA
06B5 01 658006DE 00855             LDX  I1  AA
06B7 0  C100     00856             LD    1  0
06B8 0  D022     00857             STO      A1
06B9 0  C101     00858             LD    1  1
06BA 0  D021     00859             STO      A2
06BB 0  C102     00860             LD    1  2
06BC 0  D020     00861             STO      A3
06BD 01 65000000 00862             LDX  L1  A
                 00863       *
                 00864       *      VERIICACAO DOS PONTOS DUPLICADOS+DO
                                                               CONTORNO
                 00865       *
06BF 0  C100     00866       PROX  LD    1  0
06C0 0  901A     00867             S        A1
06C1 01 4C2006CE 00868             BNZ      PROXI
06C3 0  C101     00869             LD    1  1
```

```
06C4 0   9017     00870            S         A2
06C5 01  4C2006CE 00871            BNZ       PROXI
06C7 0   C102     00872            LD     1  2
06C8 0   9014     00873            S         A3
06C9 01  4C2006CE 00874            BNZ       PROXI
06CB 0   C103     00875            LD     1  3
06CC 0   E80C     00876            OR        TRIN4
06CD 0   D103     00877            STO    1  3
                  00878      *
                  00879      *   TESTE PARA FIM DA TABELA  TABPC
                  00880      *
06CE 0   7104     00881      PROXI MDX    1  4
06CF 0   C100     00882            LD     1  0
06D0 01  94000098 00883            S      L  MARK
06D2 01  4C2006BF 00884            BNZ       PROX
06D4 0   C005     00885            LD        TAPC
06D5 0   8002     00886            A         UN1
06D6 0   D003     00887            STO       TAPC
06D7 0   70D8     00888            B         PROXO
                  00889      *
                  00890      *   DEFINICAO DE AREAS E CONSTANTES
                  00891      *
06D8 0   0001     00892      UN1   DC        1
06D9 0   0022     00893      TRIN4 DC        34
06DA 0   0000     00894      TAPC  DC        *-*
06DB 0   0000     00895      A1    DC        *-*
06DC 0   0000     00896      A2    DC        *-*
06DD 0   0000     00897      A3    DC        *-*
06DE 0   0000     00898      AA    DC        *-*
```

- PROCEDIMENTO 4

```
                      00900   ***************************************
                      00901   *                                     *
                      00902   *  PONTOS QUE SE LIGAM AOS DO CONTORNO *
                      00903   *                                     *
                      00904   ***************************************
                      00905   *
                      00906   * INICIALIZACAO DOS TRES PRIMEIROS PONTOS
                      00907   *                            DO CONTORNO
06DF 01 65800893 00908   LIGA  LDX  I1 PPC
06E1 0  7101     00909         MDX   1 1
06E2 01 6D00089A 00910         STX  L1 PPC1
06E4 0  7101     00911         MDX   1 1
06E5 01 6D00089B 00912         STX  L1 PPC2
                 00913   *
                 00914   * TESTES PARA VER SE ESSES PONTOS PERTEN-
                 00915   *                      CEM A MESMA LINHA
06E7 01 C4800893 00916   LINHA LD   I   PPC
06E9 01 D4000882 00917         STO  L   XYPPC
06EB 01 C480089A 00918         LD   I   PPC1
06ED 01 D4000896 00919         STO  L   XYPC1
06EF 01 C480089B 00920   LINH1 LD   I   PPC2
06F1 01 D4000895 00921         STO  L   XYPC2
06F3 01 65800882 00922         LDX  I1 XYPPC
06F5 0  C101     00923         LD    1 1
06F6 0  D028     00924         STO      RE1
06F7 0  C102     00925         LD    1 2
06F8 0  D027     00926         STO      RE2
06F9 01 65800896 00927         LDX  I1 XYPC1
06FB 0  C101     00928         LD    1 1
06FC 0  9022     00929         S        RE1
06FD 01 4C18070A 00930         BZ       VERX2
06FF 0  C102     00931   VERY2 LD    1 2
0700 0  901F     00932         S        RE2
0701 01 4C200721 00933         BNZ      PRIMT
0703 01 65800895 00934         LDX  I1 XYPC2
0705 0  C102     00935         LD    1 2
0706 0  9019     00936         S        RE2
0707 01 4C180713 00937         BZ       DEFN
0709 0  7017     00938         B        PRIMT
070A 01 65800895 00939   VERX2 LDX  I1 XYPC2
070C 0  C101     00940         LD    1 1
070D 0  9011     00941         S        RE1
070E 01 4C180713 00942         BZ       DEFN
0710 01 65800896 00943         LDX  I1 XYPC1
0712 0  70EC     00944         B        VERY2
                 00945   *
                 00946   *      DESENVOLVIMENTO DE  N
                 00947   *
0713 01 C4000898 00948   DEFN  LD   L   N
0715 0  8008     00949         A        UM1
0716 01 D4000898 00950         STO  L   N
0718 01 C400089B 00951         LD   L   PPC2
```

```
071A 0  8003     00952               A        UM1
071B 01 D400089B 00953               STO  L   PPC2
071D 0  70D1     00954               B        LINH1
                 00955        *
                 00956        *      DEFINICAO DE AREAS E CONSTANTES
                 00957        *
071E 0  0001     00958        UM1    DC       1
071F 0  0000     00959        RE1    DC       *-*
0720 0  0000     00960        RE2    DC       *-*
                 00961        *
                 00962        *     BUSCA DE PPC1 EM PT
                 00963        *
0721 01 65000167 00964        PRIMT  LDX  L1  PT
0723 01 6D0008A4 00965        PRIM   STX  L1  RES2
0725 0  C100     00966               LD    1  0
0726 01 D400079D 00967               STO  L   RE
0728 01 6580079D 00968               LDX  I1  RE
072A 01 C480089A 00969               LD   I   PPC1
072C 0  D0F2     00970               STO      RE1
072D 0  C100     00971               LD    1  0
072E 01 9480071F 00972               S    I   RE1
0730 01 4C200742 00973               BNZ      RETOR
0732 0  C0EC     00974               LD       RE1
0733 0  80EA     00975               A        UM1
0734 0  D0EA     00976               STO      RE1
0735 0  C101     00977               LD    1  1
0736 01 9480071F 00978               S    I   RE1
0738 01 4C200742 00979               BNZ      RETOR
073A 0  C0E4     00980               LD       RE1
073B 0  80E2     00981               A        UM1
073C 0  D0E2     00982               STO      RE1
073D 0  C102     00983               LD    1  2
073E 01 9480071F 00984               S    I   RE1
0740 01 4C180746 00985               BZ       LIGSG
0742 01 658008A4 00986        RETOR  LDX  I1  RES2
0744 0  7102     00987               MDX   1  2
0745 0  70DD     00988               B        PRIM
                 00989        *
                 00990        *  VERIFICACAO DOS PONTOS QUE SE LIGAM A
                 00991        *                                     PPC1
0746 01 658008A4 00992        LIGSG  LDX  I1  RES2
0748 0  7101     00993               MDX   1  1
0749 0  C056     00994               LD       MARCA
074A 01 4C20074F 00995               BNZ      LIGS
074C 0  C100     00996               LD    1  0
074D 0  D051     00997               STO      PSEG
074E 0  D051     00998               STO      MARCA
074F 01 6580079F 00999        LIGS   LDX  I1  PSEG
0751 0  C100     01000               LD    1  0
0752 01 4C18086B 01001               BZ       FRENT
0754 0  C100     01002        LIGS1  LD    1  0
0755 0  D047     01003               STO      RE
0756 01 6580079D 01004               LDX  I1  RE
0758 01 C4800893 01005               LD   I   PPC
075A 01 D40008A5 01006        PRIM4  STO  L   RES
075C 0  C100     01007        PRIM5  LD    1  0
```

```
075D 01 948008A5 01008          S    I  RES
075F 01 4C20078E 01009          BNZ     RET
0761 01 C40008A5 01010          LD   L  RES
0763 01 84000899 01011          A    L  UN
0765 01 D40008A5 01012          STO  L  RES
0767 0  C101     01013          LD    1 1
0768 01 948008A5 01014          S    I  RES
076A 01 4C20078E 01015          BNZ     RET
076C 01 C40008A5 01016          LD   L  RES
076E 01 84000899 01017          A    L  UN
0770 01 D40008A5 01018          STO  L  RES
0772 0  C102     01019          LD    1 2
0773 01 948008A5 01020          S    I  RES
0775 01 4C20078E 01021          BNZ     RET
0777 01 6580079F 01022          LDX  I1 PSEG
0779 0  7101     01023          MDX   1 1
077A 0  C100     01024          LD    1 0
077B 01 4C000782 01025          B    L  *+5
077D 0  1810     01026          SRA     16
077E 01 D4000892 01027          STO  L  CHAV
0780 01 4C00086B 01028          B    L  FRENT
0782 0  691C     01029          STX   1 PSEG
0783 0  1810     01030          SRA     16
0784 01 D4000892 01031          STO  L  CHAV
0786 0  70CD     01032          B       LIGS1
0787 01 C4000899 01033    LISG1 LD   L  UN
0789 01 D4000892 01034          STO  L  CHAV
078B 01 C480089B 01035          LD   I  PPC2
078D 0  70CC     01036          B       PRIM4
078E 01 C4000892 01037    RET   LD   L  CHAV
0790 01 4C180787 01038          BZ      LISG1
0792 01 6580079F 01039          LDX  I1 PSEG
0794 01 6D00089C 01040          STX  L1 PPC3
0796 0  1810     01041          SRA     16
0797 01 D4000892 01042          STO  L  CHAV
0799 01 4C00084E 01043          B    L  IPPC3
                 01044    *
                 01045    *     DEFINICAO DE AREAS E CONSTANTES
                 01046    *
079B 0  0000     01047    CHAVI DC      *-*
079C 0  0000     01048    REG   DC      *-*
079D 0  0000     01049    RE    DC      *-*
079E 0  0000     01050    MARC1 DC      0
079F 0  0000     01051    PSEG  DC      0
07A0 0  0000     01052    MARCA DC      0
07A1 0  0003     01053    TRES1 DC      3
07A2 0  0002     01054    DOIS1 DC      2
07A3 0  0010     01055    DEZE6 DC      16
07A4 0  0000     01056    TREC  DC      *-*
07A5 0  0000     01057    REG1  DC      *-*
07A6 0  0000     01058    REG2  DC      *-*
07A7 0  0000     01059    REG3  DC      *-*
07A8 0  0000     01060    PVISI DC      *-*
                 01061    *   MARCACAO DOS NOS VISIVEIS
07A9 01 65000000 01062    TPVIS LDX  L1 A
07AB 0  69F9     01063          STX   1 REG1
```

```
07AC 0  69F0     01064          STX   1 RE
07AD 01 C480089A 01065          LD    I  PPC1
07AF 0  D0EC     01066          STO      REG
07B0 01 6580079D 01067          LDX  I1 RE
07B2 0  1810     01068    TP0   SRA      16
07B3 0  D0F0     01069          STO      TREC
07B4 0  C100     01070          LD    1 0
07B5 01 9480079C 01071          S     I  REG
07B7 01 4C20081B 01072          BNZ      TP1
07B9 0  C0E2     01073          LD       REG
07BA 01 84000899 01074          A     L  UN
07BC 0  D0DF     01075          STO      REG
07BD 0  C101     01076          LD    1 1
07BE 01 9480079C 01077          S     I  REG
07C0 01 4C20081B 01078          BNZ      TP1
07C2 0  C0D9     01079          LD       REG
07C3 01 84000899 01080          A     L  UN
07C5 0  D0D6     01081          STO      REG
07C6 0  C102     01082          LD    1 2
07C7 01 9480079C 01083          S     I  REG
07C9 01 4C20081B 01084          BNZ      TP1
07CB 01 C480089A 01085          LD    I  PPC1
07CD 0  D0CE     01086          STO      REG
07CE 0  71FC     01087          MDX   1 -4
07CF 0  69D6     01088          STX   1 REG2
07D0 0  C0D5     01089          LD       REG2
07D1 0  90D3     01090          S        REG1
07D2 01 4C280826 01091          BN       TP2
07D4 0  C100     01092    TP4   LD    1 0
07D5 01 94000098 01093          S     L  MARK
07D7 01 4C18083D 01094          BZ       INCR
07D9 01 C480089C 01095          LD    I  PPC3
07DB 0  D0CB     01096          STO      REG3
07DC 0  C100     01097          LD    1 0
07DD 01 948007A7 01098          S     I  REG3
07DF 01 4C20082B 01099          BNZ      TP3
07E1 0  C0C5     01100          LD       REG3
07E2 01 84000899 01101          A     L  UN
07E4 0  D0C2     01102          STO      REG3
07E5 0  C101     01103          LD    1 1
07E6 01 948007A7 01104          S     I  REG3
07E8 01 4C20082B 01105          BNZ      TP3
07EA 0  C0BC     01106          LD       REG3
07EB 01 84000899 01107          A     L  UN
07ED 0  D0B9     01108          STO      REG3
07EE 0  C102     01109          LD    1 2
07EF 01 948007A7 01110          S     I  REG3
07F1 01 4C20082B 01111          BNZ      TP3
07F3 01 C480089C 01112          LD    I  PPC3
07F5 0  D0B1     01113          STO      REG3
07F6 0  C0B1     01114          LD       PVISI
07F7 01 4C180807 01115          BZ       NAOVE
07F9 0  C0AA     01116          LD       TREC
07FA 01 4C200836 01117          BNZ      TPINC
07FC 0  7104     01118          MDX   1 4
07FD 0  C103     01119          LD    1 3
```

```
07FE 01 EC000884 01120            OR    L  TRES
0800 0  D103     01121            STO    1 3
0801 0  71FC     01122            MDX    1 -4
0802 0  C103     01123            LD     1 3
0803 0  E89F     01124            OR       DEZE6
0804 0  D103     01125            STO    1 3
0805 0  7025     01126            B        TP3
0806 0  0040     01127      QUAR  DC       /40
                 01128      *
                 01129      *  O PONTO LIGADO E' INVISIVEL
                 01130      *
0807 0  C09C     01131      NAOVE LD       TREC
0808 01 4C200814 01132            BNZ      NAOV
080A 0  7104     01133            MDX    1 4
080B 0  C103     01134            LD     1 3
080C 0  1801     01135            SRA      1
080D 0  1001     01136            SLA      1
080E 0  D103     01137            STO    1 3
080F 0  71FC     01138            MDX    1 -4
0810 0  C103     01139            LD     1 3
0811 0  E8F4     01140            OR       QUAR
0812 0  D103     01141            STO    1 3
0813 0  7012     01142            B        TP2
0814 0  C103     01143      NAOV  LD     1 3
0815 0  E8F0     01144            OR       QUAR
0816 0  1801     01145            SRA      1
0817 0  1001     01146            SLA      1
0818 0  D103     01147            STO    1 3
0819 0  1010     01148      TPDEC SLA      16
081A 0  D089     01149            STO      TREC
081B 0  7104     01150      TP1   MDX    1 4
081C 0  C100     01151            LD     1 0
081D 01 94000098 01152            S     L  MARK
081F 01 4C18083D 01153            BZ       INCR
0821 01 C480089A 01154            LD    I  PPC1
0823 01 D400079C 01155            STO   L  REG
0825 0  708E     01156            B        TP0+2
                 01157      *
                 01158      *  LIMITE INFERIOR ULTRAPASSADO
                 01159      *
0826 0  7108     01160      TP2   MDX    1 8
0827 0  C071     01161            LD       UN
0828 01 D40007A4 01162            STO   L  TREC
082A 0  70A9     01163            B        TP4
082B 01 C40007A4 01164      TP3   LD    L  TREC
082D 01 4C180826 01165            BZ       TP2
082F 0  7104     01166            MDX    1 4
0830 01 C480089A 01167            LD    I  PPC1
0832 01 D400079C 01168            STO   L  REG
0834 01 4C0007B2 01169            B     L  TP0
0836 0  C103     01170      TPINC LD     1 3
0837 01 EC000884 01171            OR    L  TRES
0839 01 EC0007A3 01172            OR    L  DEZE6
083B 0  D103     01173            STO    1 3
083C 0  70DC     01174            B        TPDEC
```

```
                    01175   *
                    01176   *  NOVO PONTO LIGADO
                    01177   *
083D 01 C400079F 01178   INCR  LD    L  PSEG
083F 01 8400071E 01179         A     L  UM1
0841 01 D400079F 01180         STO   L  PSEG
0843 0  1810     01181         SRA      16
0844 01 D40007A8 01182         STO   L  PVISI
0846 01 C480079F 01183         LD    I  PSEG
0848 01 4C180861 01184         BZ       TESTN
084A 01 6580079F 01185         LDX   I1 PSEG
084C 01 4C000754 01186         B     L  LIGS1
                    01187   *
                    01188   *  REFERENCIAS A ATUAL LIGACAO DO PONTO
                    01189   *                                  BASE
084E 01 C480089C 01190   IPPC3 LD    I  PPC3
0850 0  D052     01191         STO      RES1
0851 01 658008A3 01192         LDX   I1 RES1
0853 0  C100     01193         LD     1 0
0854 0  D039     01194         STO      XLL3
0855 0  C101     01195         LD     1 1
0856 0  D038     01196         STO      XL3
0857 0  C102     01197         LD     1 2
0858 0  D037     01198         STO      YL3
0859 01 C400079E 01199         LD    L  MARC1
085B 01 4C2008CA 01200         BNZ      CALZ1
085D 0  C03B     01201         LD       UN
085E 01 D400079E 01202         STO   L  MARC1
0860 0  7045     01203         B        CALCZ
                    01204   *
                    01205   *  PONTOS SOBRE O MESMO SUPORTE DE RETA
                    01206   *
0861 0  C036     01207   TESTN LD       N
0862 01 4C18086E 01208         BZ       FREN1
0864 0  9034     01209   TESN1 S        UN
0865 0  D032     01210         STO      N
0866 0  C033     01211         LD       PPC1
0867 0  8031     01212         A        UN
0868 0  D031     01213         STO      PPC1
0869 01 4C000721 01214         B     L  PRIMT
086B 0  C02C     01215   FRENT LD       N
086C 01 4C200861 01216         BNZ      TESTN
086E 0  C02B     01217   FREN1 LD       PPC1
086F 0  D023     01218         STO      PPC
0870 0  C02A     01219         LD       PPC2
0871 0  D028     01220         STO      PPC1
0872 01 8400035F 01221         A     L  UM
0874 0  D026     01222         STO      PPC2
0875 01 C480089B 01223         LD    I  PPC2
0877 01 4C180966 01224         BZ    L  BUS
0879 0  1810     01225         SRA      16
087A 01 D400079E 01226         STO   L  MARC1
087C 01 D40007A0 01227         STO   L  MARCA
087E 01 4C0006E7 01228         B     L  LINHA
```

```
                    01229     *
                    01230     *  DEFINICAO DE AREAS E CONSTANTES
                    01231     *
0880 0   0020       01232     VINTE DC        /20
0881 0   0000       01233     CONTR DC        *-*
0882 0   0000       01234     XYPPC DC        *-*
0883 1   04A8       01235     TABP1 DC        TABPC
0884 0   0003       01236     TRES  DC        3
0885 0   0000       01237     XLL   DC        *-*
0886 0   0000       01238     XL    DC        *-*
0887 0   0000       01239     YL    DC        *-*
0888 0   0000       01240     XLL2  DC        *-*
0889 0   0000       01241     XL2   DC        *-*
088A 0   0000       01242     YL2   DC        *-*
088B 0   0000       01243     XLL1  DC        *-*
088C 0   0000       01244     XL1   DC        *-*
088D 0   0000       01245     YL1   DC        *-*
088E 0   0000       01246     XLL3  DC        *-*
088F 0   0000       01247     XL3   DC        *-*
0890 0   0000       01248     YL3   DC        *-*
0891 0   0000       01249     X02   DC        0
0892 0   0000       01250     CHAV  DC        0
0893 1   04A8       01251     PPC   DC        TABPC
0894 0   0000       01252     X31   DC        0
0895 0   0000       01253     XYPC2 DC        0
0896 0   0000       01254     XYPC1 DC        0
0897 0   0000       01255     XYPC  DC        0
0898 0   0000       01256     N     DC        0
0899 0   0001       01257     UN    DC        1
089A 0   0000       01258     PPC1  DC        *-*
089B 0   0000       01259     PPC2  DC        *-*
089C 0   0000       01260     PPC3  DC        0
089D 0   0000       01261     Y     DC        0
089E 0   0000       01262     YRES  DC        0
089F 0   0000       01263     X2    DC        0
08A0 0   0000       01264     Y2    DC        0
08A1 0   0000       01265     X3    DC        0
08A2 0   0000       01266     Y3    DC        0
08A3 0   0000       01267     RES1  DC        0
08A4 0   0000       01268     RES2  DC        0
08A5 0   0000       01269     RES   DC        0
                    01270     *
08A6 01  65800893   01271     CALCZ LDX   I1  PPC
08A8 0   C100       01272           LD     1  0
08A9 0   D0F9       01273           STO       RES1
08AA 01  658008A3   01274           LDX   I1  RES1
08AC 0   C100       01275           LD     1  0
08AD 0   D0D7       01276           STO       XLL
08AE 0   C101       01277           LD     1  1
08AF 0   D0D6       01278           STO       XL
08B0 0   C102       01279           LD     1  2
08B1 0   D0D5       01280           STO       YL
08B2 01  6580089B   01281           LDX   I1  PPC2
08B4 0   C100       01282           LD     1  0
08B5 0   D0EE       01283           STO       RES2
08B6 01  658008A4   01284           LDX   I1  RES2
```

```
08B8 0  C100      01285          LD    1 0
08B9 0  D0CE      01286          STO     XLL2
08BA 0  C101      01287          LD    1 1
08BB 0  D0CD      01288          STO     XL2
08BC 0  C102      01289          LD    1 2
08BD 0  D0CC      01290          STO     YL2
08BE 01 6580089A  01291          LDX   I1 PPC1
08C0 0  C100      01292          LD    1 0
08C1 0  D0E1      01293          STO     RES1
08C2 01 658008A3  01294          LDX   I1 RES1
08C4 0  C100      01295          LD    1 0
08C5 0  D0C5      01296          STO     XLL1
08C6 0  C101      01297          LD    1 1
08C7 0  D0C4      01298          STO     XL1
08C8 0  C102      01299          LD    1 2
08C9 0  D0C3      01300          STO     YL1
                  01301    *
                  01302    *
                  01303    *   CA'LCULO DA INTERSECAO DE P1P3 E P0P2
                  01304    *
                  01305    *    EM FUNCAO DE Y - PROJECAO SOBRE XZ
                  01306    *
08CA 0  C0C1      01307    CALZ1 LD      XL1
08CB 0  90C3      01308          S       XL3
08CC 0  D0D6      01309          STO     RES1    (Y1-Y3)
08CD 0  C0B9      01310          LD      YL
08CE 0  90BB      01311          S       YL2     (Z0-Z2)
08CF 0  A0D3      01312          M       RES1
08D0 0  1090      01313          SLT     16
08D1 0  D0D2      01314          STO     RES2    (Z0-Z2)*(Y1-Y3)
08D2 0  C0B3      01315          LD      XL
08D3 0  90B5      01316          S       XL2
08D4 0  D0CE      01317          STO     RES1    (Y0-Y2)
08D5 0  C0B7      01318          LD      YL1
08D6 0  90B9      01319          S       YL3     (Z1-Z3)
08D7 0  A0CB      01320          M       RES1    (Z1-Z3)*(Y0-Y2)
08D8 0  1090      01321          SLT     16
08D9 0  90CA      01322          S       RES2    (Z1-Z3)*(Y0-Y2)-(Z0-
08DA 0  D0C9      01323          STO     RES2               Z2)*(Y1-Y3)
                  01324    *
                  01325    *
08DB 0  C0B0      01326          LD      XL1
08DC 0  90B2      01327          S       XL3
08DD 0  A0A8      01328          M       XL
08DE 0  1090      01329          SLT     16
08DF 0  D0C3      01330          STO     RES1    Y0(Y1-Y3)
08E0 0  C0A6      01331          LD      YL
08E1 0  90A8      01332          S       YL2     (Z0-Z2)
08E2 0  A0C0      01333          M       RES1
08E3 0  1090      01334          SLT     16
08E4 0  D0C0      01335          STO     RES     (Z0-Z2)*Y0(Y1-Y3)
08E5 0  C0A0      01336          LD      XL
08E6 0  90A2      01337          S       XL2
08E7 0  D0BB      01338          STO     RES1    (Y0-Y2)
08E8 0  C09E      01339          LD      YL
08E9 0  90A3      01340          S       YL1     (Z0-Z1)
```

```
08EA 0  A0B8     01341            M        RES1
08EB 0  1090     01342            SLT      16
08EC 0  D0B6     01343            STO      RES1
08ED 0  C09E     01344            LD       XL1
08EE 0  90A0     01345            S        XL3      (Y1-Y3)
08EF 0  A0B3     01346            M        RES1     (Y1-Y3)*(Z0-Z1)*(Y0-
08F0 0  1090     01347            SLT      16                        Y2)
08F1 0  90B3     01348            S        RES
08F2 0  D0B2     01349            STO      RES
08F3 0  C092     01350            LD       XL
08F4 0  9094     01351            S        XL2
08F5 0  A096     01352            M        XL1      Y1(Y0-Y2)
08F6 0  1090     01353            SLT      16
08F7 01 D40008A3 01354            STO  L   RES1
08F9 0  C093     01355            LD       YL1
08FA 0  9095     01356            S        YL3      (Z1-Z3)
08FB 01 A40008A3 01357            M    L   RES1
08FD 0  1090     01358            SLT      16
08FE 01 840008A5 01359            A    L   RES
0900 0  1890     01360            SRT      16
0901 01 AC0008A4 01361            D    L   RES2
0903 01 D400089D 01362            STO  L   Y
                 01363      *
                 01364      *  CA'LCULO  DOS X - PROJECAO SOBRE XY -
                 01365      *                                      P1P3
0905 01 C400088C 01366            LD   L   XL1
0907 01 9400088F 01367            S    L   XL3
0909 01 D40008A3 01368            STO  L   RES1
090B 01 C400089D 01369            LD   L   Y
090D 01 9400088C 01370            S    L   XL1
090F 01 D40008A4 01371            STO  L   RES2
0911 01 C400088B 01372            LD   L   XLL1
0913 01 9400088E 01373            S    L   XLL3
0915 01 A40008A4 01374            M    L   RES2
0917 01 AC0008A3 01375            D    L   RES1
0919 01 8400088B 01376            A    L   XLL1     X31=((Y-Y1)(X1-X3)/
091B 01 D4000894 01377            STO  L   X31              (Y-Y3))+X1
091D 0  1090     01378            SLT      16
091E 0  D042     01379            STO      REST1
091F 01 4C280922 01380            BN       POSI1
0921 0  7004     01381            B        CALX2
0922 01 A4000633 01382      POSI1 M    L   NEG1
0924 0  1090     01383            SLT      16
0925 0  D03B     01384            STO      REST1
                 01385      *
                 01386      *  CALCULO DOS X - PROJECAO SOBRE XY -
                 01387      *                                      POP2
0926 01 C4000886 01388      CALX2 LD   L   XL
0928 01 94000889 01389            S    L   XL2
092A 01 D40008A3 01390            STO  L   RES1
092C 01 C400089D 01391            LD   L   Y
092E 01 94000886 01392            S    L   XL
0930 01 D40008A4 01393            STO  L   RES2
0932 01 C4000885 01394            LD   L   XLL
0934 01 94000888 01395            S    L   XLL2
0936 01 A40008A4 01396            M    L   RES2
```

```
0938 01  AC0008A3 01397            D      L   RES1
093A 01  84000885 01398            A      L   XLL     X02=((Y-Y0)(X0-X2)/
093C 01  D4000891 01399            STO    L   X02               (Y-Y2))+X0
093E 0   1090     01400            SLT        16
093F 0   D022     01401            STO        REST2
0940 01  4C280943 01402            BN         POSI2
0942 0   7004     01403            B          CONTA
0943 01  A4000633 01404     POSI2  M      L   NEG1
0945 0   1090     01405            SLT        16
0946 0   D01B     01406            STO        REST2
0947 01  C4000894 01407     CONTA  LD     L   X31
0949 01  94000891 01408            S      L   X02
094B 01  4C100952 01409            BNN        CALR1
094D 0   1810     01410     CALR0  SRA        16
094E 01  D40007A8 01411            STO    L   PVISI
0950 01  4C0007A9 01412            B      L   TPVIS
0952 01  4C18095A 01413     CALR1  BZ         *+6
0954 01  C4000899 01414            LD     L   UN
0956 01  D40007A8 01415            STO    L   PVISI
0958 01  4C0007A9 01416            B      L   TPVIS
095A 01  C4000961 01417            LD     L   REST1
095C 01  94000962 01418            S      L   REST2
095E 01  4C100954 01419            BNN        CALR1+2
0960 0   70EC     01420            B          CALR0
0961 0   0000     01421     REST1  DC         *-*
0962 0   0000     01422     REST2  DC         *-*
0963 0   0C00     01423     REST3  DC           *-*
0964 0   0000     01424     REST4  DC         *-*
0965 0   000A     01425     DEZ    DC         10
```

-PROCEDIMENTO 5

```
                        01429   ****************************************
                        01430   *                                      *
                        01431   *   CALCULO DE TODOS OS PONTOS VISIVEIS *
                        01432   *                                      *
                        01433   ****************************************
                        01434   *
                        01435   *      TESTE PARA VISIBILIDADE FINAL
                        01436   *
                        01437   * TESTE PARA VER SE O PONTO PERTENCE AO CON-
0966 01 65000000 01438   BUS    LDX  L1 A                        TORNO
0968 0  1810     01439          SRA     16
0969 0  D064     01440          STO     FASE
096A 0  D066     01441          STO     PONTV
096B 0  C103     01442   BUSC4  LD     1 3
096C 0  100A     01443          SLA     10
096D 0  180F     01444          SRA     15
096E 01 4C200975 01445          BNZ     BUS8
                 01446   *
                 01447   *  TESTE PARA VER SE O PONTO JA' FOI PESQUI-
                 01448   *                                       SADO
0970 0  C103     01449          LD     1 3
0971 0  1008     01450          SLA     8
0972 0  180F     01451          SRA     15
0973 01 4C18097D 01452          BZ      BUSCO
0975 0  7104     01453   BUS8   MDX    1 4
0976 0  6955     01454          STX    1 SALVA
0977 0  C100     01455          LD     1 0
0978 01 94000098 01456          S     L  MARK
097A 01 4C180A47 01457          BZ    L  PR
097C 0  70EE     01458          B       BUSC4
                 01459   *
                 01460   * TESTE PARA VER SE O PONTO E' VISI'VEL
                 01461   *
097D 0  C103     01462   BUSCO  LD     1 3
097E 0  100B     01463          SLA     11
097F 0  180F     01464          SRA     15
0980 01 4C180987 01465          BZ      BUSC1
0982 0  C04D     01466          LD      OITEN
0983 0  D049     01467          STO     MASC
0984 0  C03E     01468          LD      UM3
0985 0  D04B     01469          STO     PONTV
0986 0  7009     01470          B       BUSC2
                 01471   *
                 01472   *  TESTE PARA VER SE O PONTO E' INVISI'VEL
                 01473   *
0987 0  C103     01474   BUSC1  LD     1 3
0988 0  1009     01475          SLA     9
0989 0  180F     01476          SRA     15
098A 01 4C180975 01477          BZ      BUS8
098C 0  1810     01478          SRA     16
098D 0  D043     01479          STO     PONTV
098E 0  C041     01480          LD      OITEN
```

```
098F 0  D03D     01481          STO      MASC
                 01482     *
                 01483     *  COORDENADAS DO PONTO BASE
                 01484     *
0990 0  C100     01485     BUSC2 LD     1 0
0991 0  D037     01486          STO      PX
0992 0  C101     01487          LD     1 1
0993 0  D036     01488          STO      PY
0994 0  C102     01489          LD     1 2
0995 0  D035     01490          STO      PZ
0996 0  4008     01491          BSI      BUSC5
0997 0  C036     01492          LD       FASE
0998 01 4C1809D3 01493          BZ       BUSC3
099A 0  F028     01494          EOR      UM3
099B 01 4C200966 01495          BNZ      BUS
099D 01 4C000A2F 01496          B     L  BUS2
                 01497     *
                 01498     *  MARCACAO CONVENIENTE DOS PONTOS
                 01499     *
099F 0  0000     01500     BUSC5 DC      *-*
09A0 01 65000000 01501          LDX   L1 A
09A2 0  C100     01502     BUSC8 LD     1 0
09A3 0  9025     01503          S        PX
09A4 01 4C2009BB 01504          BNZ      BUSC6
09A6 0  C101     01505          LD     1 1
09A7 0  9022     01506          S        PY
09A8 01 4C2009BB 01507          BNZ      BUSC6
09AA 0  C102     01508          LD     1 2
09AB 0  901F     01509          S        PZ
09AC 01 4C2009BB 01510          BNZ      BUSC6
09AE 0  C01F     01511          LD       FASE
09AF 01 4C1809B8 01512          BZ       BUSC7
09B1 0  C01F     01513          LD       PONTV
09B2 01 4C2009B8 01514          BNZ      BUSC7
09B4 0  C103     01515          LD     1 3
09B5 0  1801     01516          SRA      1
09B6 0  1001     01517          SLA      1
09B7 0  D103     01518          STO    1 3
09B8 0  C103     01519     BUSC7 LD     1 3
09B9 0  E813     01520          OR       MASC
09BA 0  D103     01521          STO    1 3
09BB 0  7104     01522     BUSC6 MDX    1 4
09BC 0  C100     01523          LD     1 0
09BD 01 94000098 01524          S     L  MARK
09BF 01 4C2009A2 01525          BNZ      BUSC8
09C1 01 4C80099F 01526          B     I  BUSC5
                 01527     *
                 01528     *   DEFINICAO DE AREAS E CONSTANTES
                 01529     *
09C3 0  0001     01530     UM3   DC      1
09C4 0  0002     01531     DOIS2 DC      2
09C5 0  0012     01532     DEZ8  DC      18
09C6 1  0167     01533     PONPT DC      PT
09C7 0  0000     01534     SAVPT DC      *-*
09C8 0  0000     01535     AREAT DC      *-*
09C9 0  0000     01536     PX    DC      *-*
```

```
09CA 0  0000     01537    PY    DC       *-*
09CB 0  0000     01538    PZ    DC       *-*
09CC 0  0000     01539    SALVA DC       *-*
09CD 0  0000     01540    MASC  DC       *-*
09CE 0  0000     01541    FASE  DC       *-*
09CF 0  0000     01542    AREAX DC       *-*
09D0 0  0082     01543    OITEN DC       /82
09D1 0  0000     01544    PONTV DC       *-*
09D2 0  0000     01545    SAV   DC       *-*
                 01546    *
                 01547    *  BUSCA DO PONTO BASE EM PT
                 01548    *
09D3 01 658009C7 01549    BUSC3 LDX   I1 SAVPT
09D5 0  C0ED     01550          LD       UM3
09D6 0  D0F7     01551          STO      FASE
09D7 0  69FA     01552    BUS0  STX    1 SAV
09D8 0  C100     01553          LD     1 0
09D9 0  D0F5     01554          STO      AREAX
09DA 01 658009CF 01555          LDX   I1 AREAX
09DC 0  C100     01556          LD     1 0
09DD 0  90EB     01557          S        PX
09DE 01 4C200A25 01558          BNZ      BUS1
09E0 0  C101     01559          LD     1 1
09E1 0  90E8     01560          S        PY
09E2 01 4C200A25 01561          BNZ      BUS1
09E4 0  C102     01562          LD     1 2
09E5 0  90E5     01563          S        PZ
09E6 01 4C200A25 01564          BNZ      BUS1
09E8 01 658009D2 01565          LDX   I1 SAV
09EA 0  7101     01566          MDX    1 1
09EB 0  C100     01567          LD     1 0
09EC 0  D0DB     01568          STO      AREAT
09ED 01 C48009C8 01569    BUS3  LD    I  AREAT
09EF 0  D0DF     01570          STO      AREAX
09F0 01 658009CF 01571          LDX   I1 AREAX
09F2 0  C103     01572          LD     1 3
09F3 0  100A     01573          SLA      10
09F4 0  180F     01574          SRA      15
09F5 01 4C180A0E 01575          BZ       BUS10
09F7 0  C0D9     01576          LD       PONTV
09F8 01 4C200A2F 01577          BNZ      BUS2
09FA 0  71FC     01578          MDX    1 -4
09FB 0  C100     01579          LD     1 0
09FC 0  90CC     01580          S        PX
09FD 01 4C200A08 01581          BNZ      BUS9
09FF 0  C101     01582          LD     1 1
0A00 0  90C9     01583          S        PY
0A01 01 4C200A08 01584          BNZ      BUS9
0A03 0  C102     01585          LD     1 2
0A04 0  90C6     01586          S        PZ
0A05 01 4C200A08 01587          BNZ      BUS9
0A07 0  7027     01588          B        BUS2
0A08 0  7104     01589    BUS9  MDX    1 4
0A09 0  C103     01590    BUS12 LD     1 3
0A0A 0  1801     01591          SRA      1
0A0B 0  1001     01592          SLA      1
```

```
0A0C 0   D103       01593         STO    1 3
0A0D 0   7021       01594         B        BUS2
0A0E 0   C103       01595   BUS10 LD     1 3
0A0F 0   100B       01596         SLA      11
0A10 0   180F       01597         SRA      15
0A11 01  4C200A2F   01598         BNZ      BUS2
0A13 0   C103       01599         LD     1 3
0A14 0   1009       01600         SLA      9
0A15 0   180F       01601         SRA      15
0A16 01  4C200A2F   01602         BNZ      BUS2
0A18 0   C0B8       01603         LD       PONTV
0A19 01  4C180A20   01604         BZ       BUS11
0A1B 01  C40007A3   01605         LD     L DEZE6
0A1D 0   D0AF       01606         STO      MASC
0A1E 01  4C000990   01607         B      L BUSC2
0A20 01  C4000806   01608   BUS11 LD     L QUAR
0A22 0   D0AA       01609         STO      MASC
0A23 01  4C000990   01610         B      L BUSC2
0A25 01  658009D2   01611   BUS1  LDX   I1 SAV
0A27 0   7102       01612         MDX    1 2
0A28 0   C100       01613         LD     1 0
0A29 01  94000098   01614         S      L MARK
0A2B 01  4C2009D7   01615         BNZ      BUS0
0A2D 01  4C000966   01616         B      L BUS
0A2F 01  658009C8   01617   BUS2  LDX   I1 AREAT
0A31 0   7101       01618         MDX    1 1
0A32 0   6995       01619         STX    1 AREAT
0A33 0   C100       01620         LD     1 0
0A34 01  4C180966   01621         BZ     L BUS
0A36 0   7086       01622         B        BUS3
```

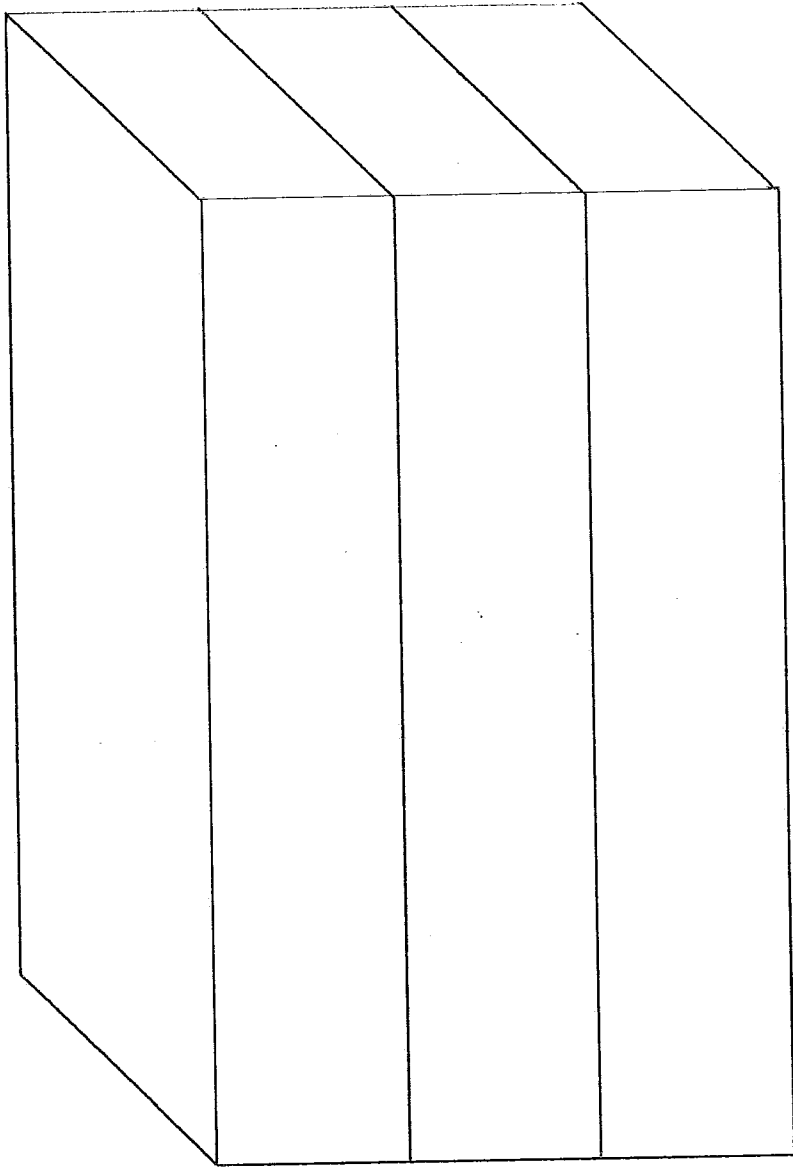
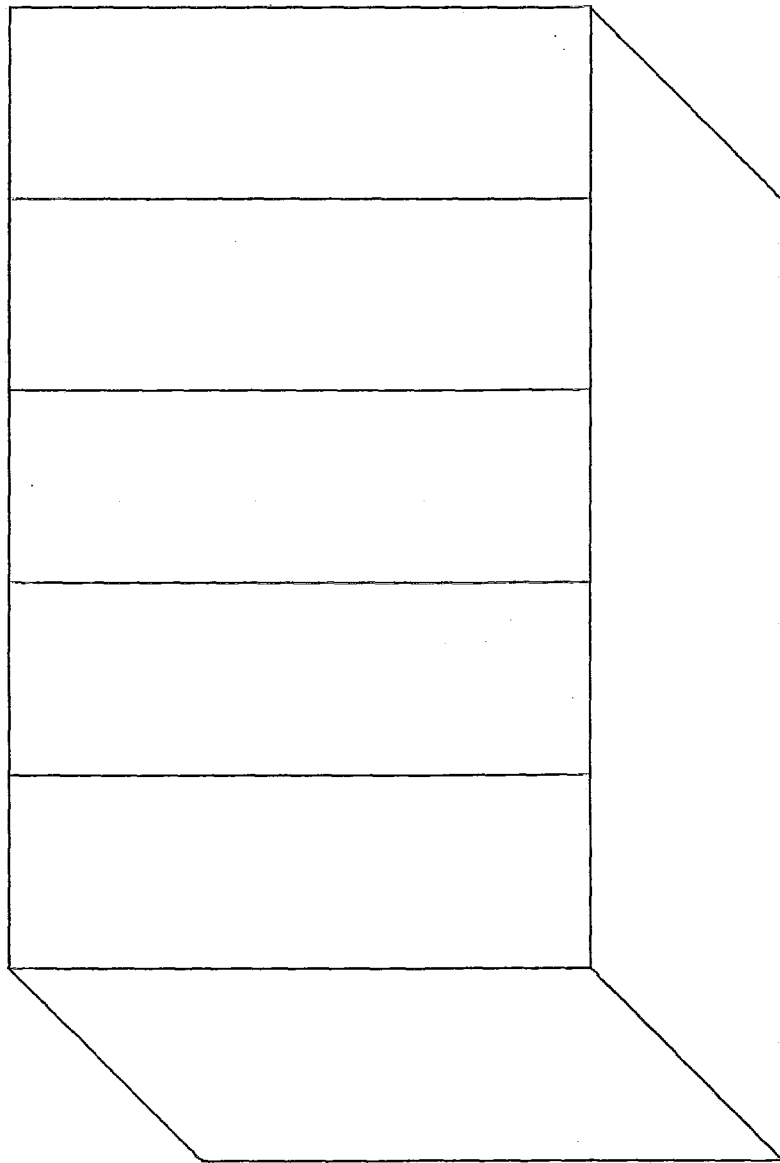
- PROCEDIMENTO 6

```
                        01628   *
                        01629   *        DEFINICAO DE AREAS E CONSTANTES
                        01630   *
0A38 00 40000081 01631   A5     DEC      1.0
0A3A 00 40000081 01632   B2     DEC      1.0
0A3C 00 40000081 01633   C2     DEC      1.0
0A3E 00 40000081 01634   D2     DEC      1.0
0A40 00 00000000 01635   A4     DEC      0.0
0A42 00 00000000 01636   B      DEC      0.0
0A44 00 00000000 01637   C      DEC      0.0
0A46 0  0001     01638   UM2    DC       1
0A47 30 220C14C6 01639   PR     CALL     SCALF
0A49 1  0A38     01640          DC       A5
0A4A 1  0A3A     01641          DC       B2
0A4B 1  0A3C     01642          DC       C2
0A4C 1  0A3E     01643          DC       D2
0A4D 01 65000000 01644   PROGT  LDX   L1 A
0A4F 0  C103     01645   DENO   LD     1 3
0A50 0  100E     01646          SLA      14
0A51 0  180E     01647          SRA      14
0A52 01 94000884 01648          S     L  TRES
0A54 01 4C180A59 01649          BZ       PLOTE
0A56 0  7017     01650          B        PCIMA
                        01651   *
                        01652   *  CONDICAO DE PENA ABAIXADA
                        01653   *
0A57 0  0000     01654   E      DC       *-*
0A58 0  0000     01655   E2     DC       *-*
0A59 0  7101     01656   PLOTE  MDX    1 1
0A5A 0  C100     01657          LD     1 0
0A5B 20 064D6063 01658          LIBF     FLOAT
0A5C 20 068A3580 01659          LIBF     FSTO
0A5D 1  0A42     01660          DC       B
0A5E 0  7101     01661          MDX    1 1
0A5F 0  C100     01662          LD     1 0
0A60 20 064D6063 01663          LIBF     FLOAT
0A61 20 068A3580 01664          LIBF     FSTO
0A62 1  0A44     01665          DC       C
0A63 01 C400050C 01666          LD     L DOIS
0A65 0  D0DA     01667          STO      A4
0A66 30 065D35A3 01668          CALL     FPLOT
0A68 1  0A40     01669          DC       A4
0A69 1  0A42     01670          DC       B
0A6A 1  0A44     01671          DC       C
0A6B 0  7013     01672          B        CONTI
                        01673   *
                        01674   *  CONDICAO DE PENA LEVANTADA
                        01675   *
0A6C 0  0000     01676   E1     DC       *-*
0A6D 0  0000     01677   E3     DC       *-*
```

```
0A6E 0  7101     01678   PCIMA MDX   1 1
0A6F 0  C100     01679         LD    1 0
0A70 20 064D6063 01680         LIBF    FLOAT
0A71 20 068A3580 01681         LIBF    FSTO
0A72 1  0A42     01682         DC      B
0A73 0  7101     01683         MDX   1 1
0A74 0  C100     01684         LD    1 0
0A75 20 064D6063 01685         LIBF    FLOAT
0A76 20 068A3580 01686         LIBF    FSTO
0A77 1  0A44     01687         DC      C
0A78 0  COCD     01688         LD      UM2
0A79 0  D0C6     01689         STO     A4
0A7A 30 065D35A3 01690         CALL    FPLOT
0A7C 1  0A40     01691         DC      A4
0A7D 1  0A42     01692         DC      B
0A7E 1  0A44     01693         DC      C
0A7F 0  7102     01694   CONTI MDX   1 2
0A80 0  C100     01695         LD    1 0
0A81 01 94000098 01696         S    L  MARK
0A83 01 4C180A86 01697         BZ      FIM2
0A85 0  70C9     01698         B       DENO
0A86 0  6038     01699   FIM2  EXIT
0A88    009E     01700         END     INIC
```

APÊNDICE 2

EXEMPLOS DE FIGURAS TRABALHADAS POR

CONV E DESENHADAS PELO PLOTTER

BIBLIOGRAFIA

[1] I.E.Sutherland, "SKETCHPAD: A man-machine graphical communication system", M.I.T. Lincoln Lab., Cambridge, Mass., Fech. Rep. 296, may 1965. (Versão resumida em 1963: Sprigs Joint Computer Conf., AFIPS conf. Proc. Baltimore,Md.: Spartan, 1963, p. 329.)

[2] E.L.Jacks, "A laboratory for the study of graphical man - machine communication", na Fall Joint Computer conf., AFIPS Conf. Proc. Baltimore, Md.: Spartan-1964, p. 343.

[3] Richard A. Guedj, " The Challenge of Computer Grafics in Continental Western Europe" - Proceedings of the IEEE, april, 1974.

[4] R. Williams, "A general purpose graphical language", Graphic Languages, F. Nake and A. Rosenfild, Eds. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland, 1972.

[5] H.E.Kulsrud, "A general-purpose graphic language", Commun. Ass. Compt. Mach, vol. 11, nº 4, 1968.

[6] M.D.Rapkin and C.M.Abu - Gheida, "Stand alone/remote graphic system", in Fall Joint Comput. Conf., AFIPS Conf. Proc., vol. 33. Montvale, N.J.: AFIPS Press, 1968 pp. 731-746

[7] R. A. Morrison, "Graphic Language Translation with a language independent processor", in 1967 Fall Joint Computer Conf., AFIPS Conf. Proc., Washington D.C.: Thompson.

[8] P. D. Rovner and D.A.Henderson, "On the implementation of Ambit/g: A graphical programming language", in Proc. 1969 int Joint Conf. Artificial Intelligence, 1969.

[9] William M. Newman & Robert F. Sproull, "An approach to Graphics System Design" - Proceeding of the IEEE, april, 1974.

[10] Philippe P. Loutrel, "A solucion to the hidden-line problem for computer-down poliedra" - IEEE Transactions on Computers, vol. C-19. nº 3, march, 1970.

[11] D. Knuth, "Fundamental Algorithms", vl.

[12] N. Y. Graham, "Perspective drawing of surfacee with hidden-line elimination" - The Bell System Techinal Journal, vol 51, nº 4, april, 1972.

[13] Yutaka Matsushita, "Hidden-lines elimination for a rotating object" - Communications of the ACM, april, 1972, vol.15,nº 4.

[14] J. Encarnação and W. Giloi, "PRADIS - An advanced programming system for 3-D-display", Spring Joint Computer Conference, 1972.